雙月刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 160
2016 JUNE

熊本大地震如果發生在台灣？我國核電廠已精進耐震能力

印度因應電力消費增加的對策：提高對核電與再生能源的使用

深入探訪韓國中低放射性廢棄物處置場

茲卡病毒好可怕 就用輻射讓雄蚊「絕後」

中國有望超越法國成為世界第二核電大國

車諾比核災 30 週年的面貌

台灣青年 第一手現場傳真

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.160 雙月刊

JUNE 中華民國一〇五年六月號

封面故事

熱門話題

專題報導

輻射與生活

原子能小故事

核能脈動

核能新聞

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一O一號研發大樓 208 室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、陳布燦、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段 166 號 6 樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告

編　者　的　話

上一期，我們報導了福島事故 5 週年，福島縣的高中生受夠了外界的謠言中傷，自力救濟進行科學性的輻射調查。216 位來自日本國內外的高中師生身上配戴輻射劑量計，在福島地區趴趴走兩個星期，將所測得的輻射數值與其他國家、地區做比較。這些學生在《輻射防護》期刊發表的結論是：「和那些生活在別處的高中生相比，福島縣的高中生並沒有受到較高水平的輻射危害。」

這一期，我們將報導車諾比事故 30 週年，有 7 位來自台灣的年輕人，從 24 歲到 34 歲，都是在國外留學或工作，從學文學、電影、經濟、設計、社會學，到機械、生化工程，背景迥異；對於台灣是否使用核能雖有各自的立場，但是秉持著「多元」與「溝通」的信念而成為一個團隊。有鑒於華文世界對於車諾比核災的瞭解往往必須透過翻譯或外電等二手資料，2015 年 5 月與 9 月，他們籌劃了兩趟旅程，自費前往車諾比，帶回關於車諾比的第一手資料，有照片、影片、聲音，希望帶給台灣這片土地更多不同的視野。

在媒體報導、網路資訊一面倒的現在，一般民眾心中對核能與輻射已形塑成難以扭轉的負面形象。但是，福島高中生與台灣的年輕人希望藉由自己的親身探索，更貼近真相，也釐清未來的方向，不論是自己的或是群體的；我們迫切需要有人勇敢突破眼前的迷障，為眾人提出更多理性討論的角度與可能性。

同樣身為媒體，遠見雜誌記者計畫報導台灣放射性廢棄物處置的現況，在蒐集資料時與本刊編輯聯繫，發現台灣媒體立場嚴重傾斜、以致不理性到違反平衡報導原則的情形，深感驚訝。媒體記者尚且如此，何況一般民眾？

盡信書不如無書，同樣的，人云亦云只會讓自己陷於無知的恐慌中，本期的「怕輻射不如先補腦」正是要打破一般民眾聞輻射色變的迷思。作者以輕鬆幽默的筆調、搭配略帶嘲諷意味的插圖，提供讀者面對輻射議題時應有的正確觀念。作者並不是要告訴大家不論如何輻射都不可怕，因為可不可怕的關鍵在於劑量，唯有瞭解真實的狀況才不會杯弓蛇影、杞人憂天，因為「知識才是真正的防護罩」，非常值得大家一讀。

車諾比核災 30 週年的面貌
台灣青年第一手現場傳真

文・編輯室



▲ 2015 年 9 月，團隊第二次走入車諾比核電廠控制室

「2015 年 5 月，蔣雅郁、陳怡君、蕭煒馨、黃可秀 4 人第一次出發前往車諾比，因為整團只有 4 個女孩，讓當地導遊嘖嘖稱奇。導遊說他接待過不同國家的訪問員、甚至是國際的權威媒體，但這卻是唯一一團全部都是女生的團，很大膽。原本以為只會在核電廠外圍拍拍照、打打卡，沒想到卻走進了核電廠，走過長長的黃金走廊，甚至參觀了控制室。

同年 9 月，第 2 次出發前往車諾比，這次的成員是蔣雅郁、蕭煒馨、陳怡文、賴韋宏與黃獻永，一行 5 人，再度進入車諾比管制區內，更參訪基輔市區的『車諾比博物館』蒐集資料。這次的旅行，和上次部分重疊、也略有不同，我們在管制區內吃了野生蘋果與葡萄，拜訪了 3 位回歸者。」

「我們是一群台灣人，有鑒於華文世界對於『車諾比核災』的瞭解往往必須透過翻譯或外電等二手資料，2015年5月與9月，我們籌劃了兩趟旅程，自費前往車諾比，帶回關於車諾比的第一手資料，照片、影片、聲音，希望帶給台灣這片土地更多不同的視

野。」這段文字是車諾比核災30週年紀實團隊在他們的部落格上自我介紹的文字。

這 7 位年輕人從 24 歲到 34 歲，都是在國外留學或工作，從學文學、電影、經濟、設計、社會學，到機械、生化工程，背景迥異；對於台灣是否使用核能有各自的立場，秉持著「多元」與「溝通」的信念而成為一個團隊。因緣際會之下湊在一起，決定放下外電翻譯或是國外部落格的內容，自費親往「車諾比」探訪。除了近身採訪當地的「回歸者」，甚至在車諾比電廠內的員工餐廳用餐。「我們進入車諾比管制區內，參觀了普里皮亞季市（Pripyat）、車諾比核電廠、正在新建的巨大圍阻體工事現場、回歸者生活的家等區域，帶回來自車諾比的第一手華文資料。」

車諾比核災 30 周年紀實部落格：http://taiwaneseinchernobyl30.blogspot.tw/，臉書專頁：https://www.facebook.com/Taiwaneseinchernobyl/



▲ 散落一地的防毒面具（攝：車諾比核災 30 周年紀實團隊）

「真相剪影」多媒體展覽內容

1.24 張車諾比管制區內的靜態攝影作品：核電廠控制室、核電廠員工、死城普里皮亞季市光景、回歸者住所與其剪影等。

2.車諾比管制區內錄製的影片：對動態與互動展區感興趣的朋友可來細細品味！

3.虛擬實境（Virtual Reality）裝置：進一步體驗漫步在車諾比禁區內的感受。

4.《半衰期──車諾比核災 30 周年紀實》新書發表

事實上，這些防毒面具跟車諾比核災一點關連都沒有！

「普里皮亞季市第三中學的烹飪教室內，散落一地的防毒面具，是所有來到這座鬼城的攝影師一定要拍的場景。」部落格中提及，自從車諾比開放訪客之後，導遊或攝影師們擺弄防毒面具放在洋娃娃身上的照片，開始在全世界瘋傳，也成為人們想起車諾比的經典畫面。

真實狀況是：冷戰時期，以美國及英國為首的傳統西方列強，與蘇聯為首的共產國家之間有著長期的政治對抗，美國與蘇維埃政府都具有相互毀滅能力。比起離他們只有 3 公里遠的車諾比核電廠，人民其實隨時隨地都處於比戰爭更殘酷的威脅之下。

所以，蘇維埃政府的各級學校都必須配備足夠每個學生都有的防毒面具，每個學生也都必須接受一定程度軍事訓練（包含防毒面具的配戴、AK47 的槍枝保養與拆組等等），而這些防毒面具通常都是配置於學校的地下室或是頂樓的貯藏室。



▲ 車諾比核災 30 周年影音紀實展 震撼人心

核災發生之後全城徹離，但惡意違反禁令返回普里皮亞季鎮上偷竊與破壞的人，潛入了學校，將這些防毒面具灑在位於一樓的教室內，成了我們今天看到的場景。

車諾比還能住人嗎？

一個經歷了核災的區域，當時的周圍居民幾乎都被迫撤離，過了 30 年後，這片土地的狀況究竟如何？這是很自然會進到我們腦中的問題。目前車諾比鎮附近住了為數不多的「回歸者」，他們多半是過往車諾比鎮附近小鎮的居民，在 30 年前的核災發生後被政府強制撤離，然而在數年間因為各種不同理由，而選擇回到他們當年居住的家園重新定居，走上一條與他人不同的道路。 羅莎莉亞（Rosaliju）則是車諾比第一位回歸者，回到她在管制區內的家鄉，重新定居。

回歸者之所以被稱為回歸者，就是因為他們不只嘗試回到故土，且成功的在這片土地上新建家園。羅莎莉亞面對生活的韌性，顯然是超乎我們尋常的想像範疇。

成員這麼描述著：「我無意渲染、過度描寫回歸者的生活，回歸者並不可憐、也不需要同情。我們在這裡看見的是羅莎莉亞真實生活的一個切面、最主要的切面一忙碌，而這些忙碌勞動也使她身體硬朗健康。忙碌使她不能專心於自己喜愛的『書寫』，她有太多工作，但她依舊選擇回到這裡，選擇如是的忙碌。」

「文末，我想提起一件事情，導遊告訴我們：根據統計，回歸者的平均壽命，比核災時撤離到其他小鎮的人，還要長好幾年。被撤離後、選擇生活在異鄉的人們，面臨新的環境，通常會極度難以適應，無論是生活上、情緒上，難以融入當地社群、衍發憂鬱等困擾。」



▲ 團隊的心血結晶《半衰期：車諾比核災 30 周年紀實》是第一本由台灣人自製的車諾比事故介紹及實地導覽。詳細介紹事故始末，並收錄現居當地「回歸者」的深度專訪。同時收錄車諾比現今風貌攝影，也提供影片 QR-Code，與讀者即時互動。

回顧核災當下：3 號機組區內的紀念碑

1986 年 4 月 26 日車諾比 4 號反應爐發生爆炸，當時距離 4 號反應爐最近、第一位死亡員工的紀念碑（Khodemchuk Memorial）如今立在 3 號機組區內，該紀念碑背後那面水泥牆若敲開即是過去的爆炸現場— 4 號核反應爐。

根據成員的描述：「與 4 號反應爐僅一牆之隔的紀念碑，如今存在多少輻射量？答案是 12.79 微西弗 / 時（範圍約在 10-13 之間跳動）。這數字高嗎？在能容人參訪的車諾比區內，這並非我們測過最驚險、最駭人的輻射劑量，那層充滿污漬且已有數十年歷史的水泥牆，能擋掉的輻射量其實非常多。

至於每小時 13 微西弗對人體的傷害指數怎麼看？根據科學雜誌的換算，一天抽一至一包半菸，連續抽一年，該吸菸者即相當於接收 13,000 微西弗的輻射值。」

車諾比核災 30 周年紀實團隊表示：「這個紀念碑最『幽默』之處或許在於，該員工雖離 4 號反應爐最近、也最迅速因車諾比核災而死亡，但其真正死因卻非歸咎於曝露大量輻射之下，而是被爆炸倒塌的建築壓死。」

車諾比核災 30 周年紀實團隊表示，光是要看到真相本來就很困難，就算他們有 7 個人，從 7 個不同的立場去看這件事，仍舊只能看到車諾比的其中一個切面，聽起來好像更接近真相，但其實還只是剪影，只是真相的輪廓，「但只有我們不斷去討論、探索，那個輪廓才會更接近真相的樣子。」而這也正是車諾比紀實團隊最想傳達的理念，希望藉由觀察 30 年間的變化、不斷的辯證與生活經驗結合之後，才不會被片面或不正確資訊所綁架，進而反思自己為什麼反對或贊成



▲ 清華大學工程與系統科學系學會向團隊借展，於 5 月 7-13 日展出

團隊探訪車諾比 - 路線圖



台灣使用核能。

車諾比核災之後，沒有一座核電廠停機安檢

清華大學工程與系統科學系學會向團隊借展，於 5 月 7-13 日展出。李敏教授在開幕儀式致詞時表示，福島核災之後，日本全部核電機組停機重新進行安全檢查，世界各使用核能的國家也都針對福島教訓提出因應對策，或是提升安全標準；但是車諾比核災之後卻不是如此，全世界沒有核電廠因此而停機重新安檢，那是因為他們所使用的反應爐設計原理與構造和車諾比 4 號機完全不同。因此，台灣也不可能發生類似車諾比的核子事故。

我們衷心感謝、也佩服這一群年輕人，在面對車諾比核災一面倒的負面報導時，沒有照單全收，反而以實際行動大膽假設、小心求證，為台灣民眾帶回車諾比現地珍貴的影音資料。其實不需要專業核工背景，只要以客觀、開放的態度，運用符合邏輯的思考方式，就能搞懂核能與輻射究竟是怎麼回事。期盼所有關心核能與輻射問題的朋友都能參觀這個影音展，同時推薦大家閱讀《半衰期：車諾比核災 30 周年紀實》這本書，給自己一個全然不同的「車諾比經驗」。

車諾比 30 周年，聯合國重申其承諾

文 • 編輯室



▲ 聯合國於近期舉行大會，紀念車諾比事故 30 周年（圖片來源：UN）

2016 年 4 月 26 日是車諾比核災 30 周年，聯合國（UN）為此舉辦大會，聯合國高層官員於當日的聲明中強調，今日的我們仍需採取教訓，現今歐洲東北部與整個世界都還感受得到車諾比事故所帶來的影響，同時重申「聯合國將致力打造一個更安全的未來」的承諾。

「直到今日，我們仍記得這場災難所耗費的人力成本，我們不會忘記那些為了使災害降到最低，而犧牲寶貴生命的工作人員」，聯合國大會主席呂克（Mogens Lykketoft）在紐約總部舉行的車諾比紀念會議中，告訴所有出席活動的各方代表。除了呂克之外，車諾比核電廠所在國家烏克蘭以及俄羅斯等國家代表均在會議上發表紀念性談話，國際原子能總署（IAEA）與世界衛生組織（WHO）也為此分別發表聲明，告誡人們需汲取車諾比事故所帶來的經驗與教訓。

30 年前，這場核工業史上最嚴重的意外導致大規模的放射性核種釋出，白俄羅斯、俄羅斯聯邦以及烏克蘭受到的衝擊最為嚴重，境內主要的農業經濟均遭到摧毀，迫使超過 30 萬人離開家園，在人道、環境、社會與經濟等方面產生嚴重的後果。

呂克表示，「車諾比至今損失 30 年的生計仍未完全恢復，許多受影響的災民亦未能克服貧窮、被排擠的困境，車諾比至今仍活在『輻射汙染地區』的陰影下。」呂克同時也強調，今年除了是車諾比事故 30 周年，同時也是聯合國自 2007 年開始實施的「受車諾比事故影響地區復甦與永續發展十年計畫」的最後一年，一系列的活動在相關國家舉行，像是 4 月 25 日於白俄羅斯首都明斯克舉行的高級別會議，一個主題為「車諾比、災難、教訓、希望」的展覽也於紐約展出。



▲ 今日的車諾比核電廠（圖片來源：UN YouTube）

車諾比事故提高對核安議題的重視

當時正在日內瓦進行訪問的聯合國秘書長潘基文，委託秘書處主任穆萊特（Edmond Mulet）出席此次活動，並在會議上宣讀致詞：「車諾比事故在未來仍不免會一直與核安議題連在一起，但這場災難導致各國重新重視核安方面的議題與核電廠管制的改善，車諾比事故也促使國際間攜手合作，共同支援地方、區域與國家當局所做出的努力。」

IAEA 總幹事：「無論如何都不可自滿」

總部位於奧地利維也納的國際原子能總署，總幹事天野之彌（Yukiya Amano）也在車諾比 30 周年之際，警告各國在核能發電的安全上切勿自滿。

天野在聲明中說到：「車諾比事故讓世界各國在核安方面的合作向前躍進了一大步，包括聯合國在 1994 年通過的《核能安全公約》（該公約的目的為促進各核能使用國採取措施加強核能安全，並透過國際間的合作維持高水準的核安，使人類社會在發展核能的同時，生活環境也可受到保護，於 1996 年 10 月底生效），全球各核能使用國家也因車諾比事故開始共享相關的資訊與經驗，IAEA 制定的安全標準受到多國要求而提高，檢測的的項目也因此而增加。」

「但是，除了上述的改善之外，我們卻在 2011 年面臨了另一場嚴重的災難——日本福島第一核電廠事故，至今的 5 年內，雖然全球在核安方面另有大幅度的進步，身處核電產業內的每個人—包含電廠的工作人員、各國政府與管制機構—也因這兩次事故學到關鍵的教訓：我們絕不可輕忽核能安全，無論何時都不可以有自滿的情緒存在。」天野強調，確保核安雖屬國家的責任，但核子事故所帶來的後續影響卻是無國界的，因此，國際間有效地採取合作至為重要。

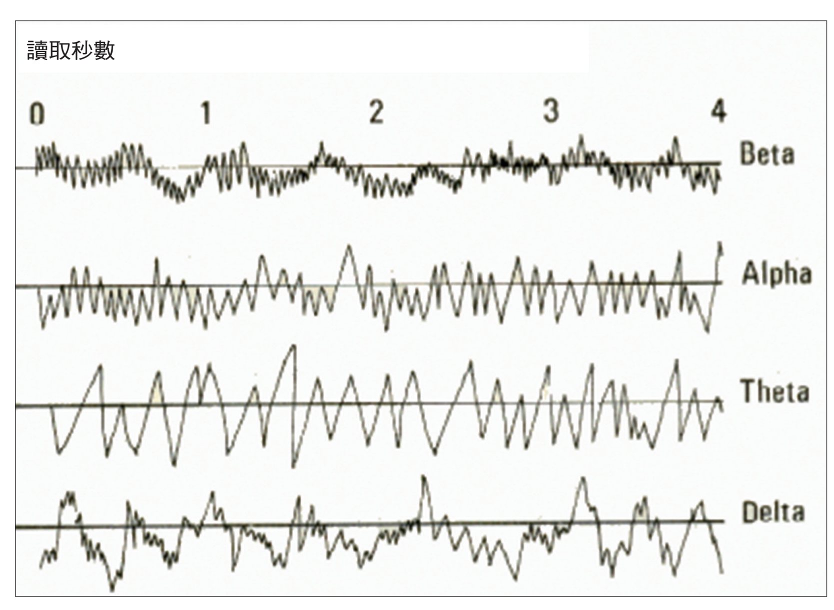
資料來源：

1.UN News Centre, “Chernobyl: with disaster's affects still being felt after 30 years, UN renews commitment to a safer future”, 26 April 2016

2.United Nations Channel, YouTube, “Chernobyl 30 Years On: Exploring the Zone”, 26 April 2016

應用即時精神疲勞檢測於提升核電廠安全管理

文・蔡閔光



▲ 圖 1. 擷取的腦波數據圖[5]

核電廠的安全管理一直是世界各國政府與學者所關注的議題。過去40年間已發生多起核子事件與災變，其中又以1986年的烏克蘭車諾比災變和2011年的日本福島災變最為嚴重，均屬第七級事故（International Nuclear Event Scale，INES）[1]。這兩起核子災變不僅對生態環境造成極大衝擊，更有數以萬計的居民被迫遷離家園。

台灣同時擁有4個核電廠且處於地震環帶，做好這些核電廠的安全管理是不容輕忽的課題。目前台灣核電廠均已配置了自動化的安全監控系統，但仍須相關人員全年無休的輪班留守，以應付所有的突發狀況[2][3]。同時，行政院原子能委員會核能管制處等單位也會針對各核電廠進行不預警的視察。然而，這些輪值人員在長期工作壓力與睡眠不規律等情況影響下，不同學者建議管理單位必須密切關注他們的精神疲勞狀態，因為有超過50%的核子事件是人為造成，特別是精神疲勞的輪值人員往往容易產生工作上的失誤。故本研究提出一個即時精神疲勞（Mental fatigue）檢測的對策，以便提升核

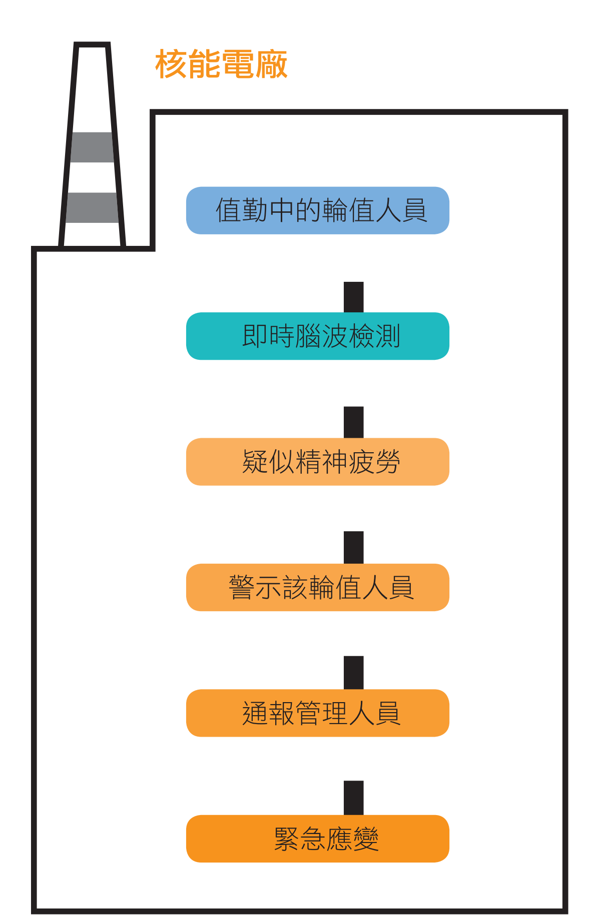
電廠的安全管理。

文獻回顧

疲勞狀態可分為生理與精神的疲勞。生理疲勞（Physical fatigue）多為一種身體器官機能上的不舒適，例如肌肉痠痛，而精神疲勞則屬意識上的不愉快，例如專注力低落。由於精神疲勞恐較難直接由目視判斷，因此管理人員可以透過兩種方法判別輪值人員是否處於精神疲勞[4]：

客觀檢測：精神疲勞會影響到生理疲勞，所以透過身體器官狀態的監測能得到量化的數值進而判定輪值人員是否達到精神疲勞。常用的方法有腦波檢測（EEG）、心電檢測（ECG）、皮膚檢測（EDA）、眼動檢測（EOG）和肌肉檢測（EMG）。

主觀評量：基於問卷的方式，於輪值人員自我陳述的過程，管理人員得以理解該人員的自認精神疲勞狀態。可用的方法有CFSI、FAI、FIS、MFS、MRQ、NASATLX、SOFI、VACP和W/Index等。



▲ 圖 2. 本對策的實做流程圖

面臨問題

儘管部分學者認為客觀檢測的結果較具可信度，不論客觀檢測或主觀評量的結果都能用做核電廠制定輪值人員精神疲勞管理的參考依據。但多數學者都是針對輪值人員上班或下班的情況來進行研究調查，故輪值人員精神疲勞與核電廠安全管理的關係僅能做到事前評估或事後檢討，而非人為核子事件的預警。

解決對策

為了改善上述的問題，擬提出對策以提升核電廠安全管理，即透過腦機介面（Brain-computer interface, BCI）的方式即時檢測輪值人員的精神疲勞狀態。大腦是人類感官意識的基礎，透過腦波檢測可知大腦活動時會有4種主要活動波，包含delta、theta、alpha和beta波，出現頻率各為1-4、4-8、8-13和13-30 Hz（圖1[5]）。當人類進入精神疲勞時，不同研究顯示alpha波會頻繁出現[6]。

基於這個現象，圖2顯示本對策用於核電廠安全管理的流程圖。首先，透過耳戴式的腦機介面裝置，輪值人員的腦波數值可被截取（圖3為配戴該裝置後的畫面）。再將這些腦波數值傳遞給智慧型手機（表1為



圖 3. 配戴腦機介面裝置

本對策所需的資料傳輸技術），並自動分析alpha波的出現頻繁度，以判斷該人員是否達到精神疲勞，如圖4為分析結果的擷取畫面。一旦輪值人員有精神疲勞的情況時，本對策所使用的智慧型手機便會震動並播放警示聲音，以提示該人員注意精神疲勞情況。若被偵測到的精神疲勞狀態仍然持續時，本對策亦可發出警告訊息給核電廠的管理人員，以避免精神疲勞的輪值人員因一時疏忽而引發核電廠的安全事件。如圖5，因本對策所使用的智慧型手機已具備定位能力（本對策採GPS、電信基地台和無線網路混雜模式）。故管理人員所收到警示訊息可顯示已精神疲勞的輪值人員的姓名、判定狀態與所處位置。

結論與建議

自然災害與人為因素均可能造成核電廠的事件與災變。相較於自然災害，人為因素是可以避免的，特別是精神疲勞的輪值人員。本文說明了監測輪值人員的腦波狀態是一種可達到即時預警目的的對策。對於未來

Date:
2016/04/19-AM1:08

Location:
1-3

Signal:
Good

Tester:
5

Amount of Lower Alpha:
3

Evaluation:
No Fatigue

圖 4. 即時分析結果

表 1. 本對策所需的資料傳輸技術			
資料傳輸	訊號端	接收端	功用
藍芽	腦機介面裝置	智慧型手機（輪值人員）	傳遞腦波數據
GPS	智慧型手機（輪值人員）	智慧型手機（管理人員）	定位精神疲勞的輪值人員位置
電信基地台			
無線網路			

更進一步的研究，建議可整合其他身體器官狀態監測技術，以提升精神疲勞判斷的精確性。

（本文作者為國立中央大學災害防治研究中心副研究員）

參考文獻：

[1]International Atomic Energy Agency, 2007. Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency Safety Guide. Available at: http://www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/7503/Arrangements-for-Preparedness-for-a-Nuclear-or-Radiological-Emergency-Safety-Guide.

[2]第一核能發電廠，2007，電廠運轉不打烊，台電月刊，530期，6-11。

[3]S. L., Hwang, J. T., Lin, G. F., Liang, Y. J., Yau, T. C., Yenn, C. C., Hsu, 2008. Application control chart concepts of designing a pre-alarm system in the nuclear power plant control room. Nuclear Engineering and Design, 238（12）, 3522-3527.

[4] S. Kim, Y. Kim, and W. Jung, 2014. Operator's cognitive, communicative and operative activities based workload measurement of advanced main control room. Annals of Nuclear Energy, 72, pp. 120-129.

N. D. Livergood, 2016. Brain, Mind, and Altered States of Consciousness. <http://www.hermes-press.com/altstates.htm>

[5]S. K. L. Lal, A. Craig, 2001. A critical review of the psychophysiology of driver fatigue. Biological psychology, 55, pp. 173-194.

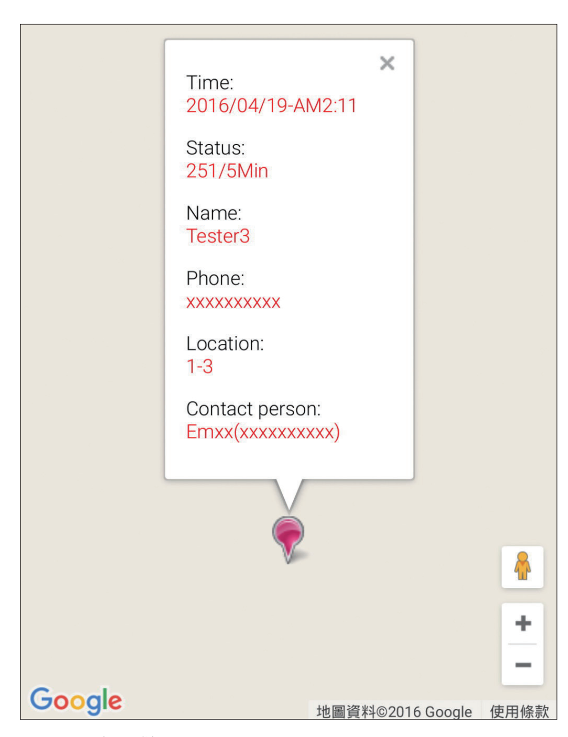


圖 5. 發出的警告訊息

熊本強震
日本核電廠安全如常運轉

文．編輯室

2016年4月14日，日本西部九州的熊本地區發生6.5強烈地震，後續更出現一連串強烈餘震，最大規模達到7.3。雖然這些地震規模非常大，地面震動（Ss）的強度仍遠低於核電廠設計的耐震基準值，因此熊本附近的核電廠都沒有出現任何異常現象。同樣的，2011年的東日本大地震，所有核電廠都有急停成功（自動停機），並且備用電源都成功啟動，包括福島第一核電廠；但是強震所引發的海嘯，把柴油發電機弄壞了，才造成了福島核子事故。因此，再一次的證明，核電廠設計與估算的耐震基準值是經得起考驗的。

可能受熊本大地震影響的核電機組中，已重新啟動的川內核電廠1、2號機，是地震當時全日本「唯二」正在運轉的機組，因為地面加速度尚未達到機組自動停機的強度，因此這兩部機組都維持正常運轉狀態。



▲九州電力公司的川內核電廠 3 號機（圖：JAIF 網站）

日本制訂震區核電廠訊息發布新制度 減少民眾不安

日本政府於4月17日制訂震區核電廠新型訊息發布的機制，即充分利用推特（Twitter）等社群網站（SNS），積極致力於改善與推動地震發生時，核電廠情況發布的效率。即便在核電廠沒有出現安全性問題時，也將即時向社會各界提供相關訊息，以便地震受困人員和受災地區民眾充分了解當地核電廠安全性的即時狀況。

此次熊本地震中，九州電力公司川內核電廠所在的鹿兒島縣薩摩川內市的震度為4級，因而原子力規制委員的首頁並未發布消息。為了盡可能減少當地居民和受災地區民眾的不安情緒，日本官房長官菅義偉對原子力規制委員做出相關指示，應盡快改善目前訊息發布的機制。

參考資料：

1.日本原子力產業協會JAIF，2016/04/18，http://www.jaif.or.jp/en/the-2016-kumamoto-earthquake-has-not-affected-npps/

2.中國網，2016/04/19，http://realtime.xmuenergy.com/newsdetail.aspx?newsid=114930

熊本大地震如果發生在台灣？
我國核電廠已精進耐震能力

文・張文杰



地質與斷層的調查會隨著時代和技術的進展而不斷更新資訊，當發現核電廠廠址四周有新的斷層或是斷層長度的相關資訊有更新時，核電廠也會因此來精進防震能力，例如：美國加州的迪雅布羅肯楊（Diablo Canyon）核電廠或是日本的柏崎刈羽電廠都是在發現新的斷層資料後，將防震能力往上提升的實際案例。

我國在發現新的斷層資料後，也有核電廠將防震能力往上提升。根據我國中央地質調查所的地質調查報告，恆春斷層和山腳斷層被列為距今 1 萬至 10 萬年內曾經發生錯移第二類的活動斷層。恆春斷層在陸域部分總長約 16 公里，往北部與南部海域延伸的長度分別為 2 及 23 公里，以此估算恆春斷層總長度約為 41 公里；山腳斷層在陸域部分總長約 34 公里，海域部分還沒有精準的調查出爐，目前估算延伸的長度至少 40 公里，最多向外海延伸 80 公里至棉花峽谷，以此估算山腳斷層總長度最長為 114 公里[1][2]。

在福島核災還沒發生之前，原能會身為我國的核能管制單位，就已經於 2009 年要

表 1. 我國核電廠精進前後的安全停機地震基準值，與商轉至今遇到的最大加速度值				
	核一廠	核二廠	核三廠	核四廠
原安全停機地震基準值（設計基準耐震係數）	0.3g	0.4g	0.4g	0.4g
精進後的安全停機地震基準值（均已在 2014 年 6 月前完成）	0.51g	0.67g	0.72g	0.67g
商轉至今遇到的最大加速度值	0.037g	0.028g	0.17g	--

註：耐震係數 0.3g 約略等同氣象局公布的 6 級地震，0.4g 則略等同於 7 級地震，但氣象局公布的強度為地表，核電廠的耐震設計值則是以地底基盤為設計考量。

求台電公司要針對中央地質調查所的最新地質調查報告，去規劃執行「核能電廠耐震安全再評估精進作業方案」，調查核電廠周遭地質，並據以檢討強化耐震能力[2]。

台電公司採用美國電力研究院（EPRI）所提出方法論報告（NP-6041SLR1）中的作法，進行核電廠結構、系統與組件的耐震餘裕評估。並考慮山腳斷層與恆春斷層等地質新事證（山腳斷層先保守並嚴謹的假設總長度為 114 公里，引發地震的最大規模為 7.6；恆春斷層則為 41 公里，引發地震的最大規模為 7.0）去進行地震危害度分析。最後精進後的值如表 1 所示。

以核二廠為例，用定值法地震危害度分析的結果是平均值為 0.455g，加上保守度為 0.581g，接著再用另一種方式，就是原設計值的 1.67 倍去算是 0.67g，然後取兩者方式較大為耐震餘裕評估與補強的依據，最後決定是 0.67g。所以可知我國核電廠精進後的安全停機地震基準值是非常嚴謹並有預留相當大的耐震餘裕。

台灣核電廠的耐震係數比日本還小，就代表台灣核電廠比較不安全？

曾有民眾質疑台灣核電廠的耐震係數比日本還小，就代表台灣核電廠比較不安全。這根本是不懂裝懂的說法，因為每個核電廠的耐震係數都是根據電廠四周的地質情況而量身訂做的。

舉例來說，美國佛羅里達州的克里斯多河（Crystal River）核電廠的安全停機地震基準值為 0.1g，然而在美國加州的迪雅布羅肯楊核電廠的安全停機地震基準值卻高達 0.76g，難道可以說迪雅布羅肯楊核電廠比克里斯多河核電廠還安全 7.6 倍嗎？當然不是這樣，這兩座核電廠的地震風險評估危險是同一個水平的，都通過了美國核管會的耐震要求。因為克里斯多河核電廠附近沒什麼斷層，不會引發大地震，所以耐震係數當然可以訂得較低。然而加州有約 1,300 公里長的聖安德列斯（San Andreas）活斷層，所以迪雅布羅肯楊核電廠的耐震係數就訂得比較高。

表 2. 台灣 1604—1867 年重大地震簡表[3]		
地震名稱	日期	規模
泉州地震	1604/12/29	7.9
台南地震	1736/01/30	6.1
嘉義地震	1792/08/09	6.9
宜蘭外海地震	1815/10/13	7.6
彰化地震	1848/02/12	7.2
基隆地震	1867/12/18	7.2

表 3. 台灣 1896—1999 年重大地震簡表[4]		
地震名稱	日期	規模
嘉義地震	1906/03/17	7.1
鹽水港地震	1906/04/14	前 6.6，後 5.8
新竹、台中地震	1935/04/21	前 7.1，後 6.0
嘉義地震	1941/12/17	7.1
台南地震	1946/12/05	6.3
花蓮地震	1951/10/22	7.1
台東地震	1951/11/25	7.3
花蓮地震	1957/02/24	7.3
恆春地震	1959/08/15	6.8
台南、嘉義地震	1964/01/18	6.3
瑞穗地震	1972/04/24	6.9
花蓮地震	1986/11/15	6.8
花蓮地震	1990/12/14	6.7
瑞里地震	1998/07/17	6.2
集集地震	1999/09/21	7.3



值得一提的是，2015 年上映的《加州大地震》電影就是假設聖安德列斯斷層崩塌，雖然電影的地震規模是誇大了點，但是也顯示了美國並沒有規定在地震帶附近就不能蓋核電廠。

如果有未知的盲斷層呢？

有些人質疑如果台灣核電廠附近有未知的盲斷層，那是否會造成核災？其實我國的中央地質調查所和國科會（科技部的前身）等專業部門都一致認為，依照台灣附近的斷層和板塊條件，要引發規模 9 以上的地震是不太可能的。

先從台灣 1604 年至今的重大地震歷史來看，如表 2[3] 與表 3[4] 所示，台灣有史以來最大地震規模約是 7.9。

再來依照台灣附近的斷層大小去分析，我國該防範的是規模 7-8 左右的地震，而非像日本需要防範到規模 9 的地震（引發日本 311 地震的斷層是長 500 公里、寬 200 公里，比整個台灣還大）。

所以就算有未知的盲斷層在核電廠附近，也不會引發超過規模 9 的地震，而我國核電廠的耐震能力是足以防範廠址附近發生規模 8 左右的地震，真正該擔心的是其餘建築物的安全才對。

像是今年 2 月 6 日的美濃地震，核三廠廠內的地震儀量到最高震波只有 0.0118g，而核三廠的安全停機地震基準值是 0.72g，所以機組一切正常運轉。也就是說，震度要超過這次美濃地震的 60 倍，才可能對核三廠產生危害，而如果真的碰到超過這次 60 倍震度的地震，不知台南、高雄等地區還有多少建築物是安好的？

（本文作者為清華大學工程與系統科學系研究助理）

參考資料：

[1] 核能電廠的區域地質概況/中央地質調查所，http://goo.gl/TNIERv
[2] 原能會官網-核能電廠安全管制FAQ，http://goo.gl/F7vINF
[3] 台灣地區歷史地震資料的建置，http://scweb.cwb.gov.tw/research/60vol/MOTC-CWB-100-E-14.pdf
[4] 淺談台灣歷史上的大地震，http://web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/esf/magazine/990603.htm

印度因應電力消費增加的對策：提高對核電與再生能源的使用

文・東海邦博　譯・朱鐵吉



人口達 12.5 億人的印度，國內生產總值（GDP）居世界第 9 位，為金磚四國（BRIC）之一的經濟大國。近年因經濟急速的發展，伴隨著能源和電力消費的大量增加，目前規模次於美國和中國，位居世界第三位。

在印度，電力供給主要是靠燃煤火力電廠，火力發電占總發電量的 70%，導致其二氧化碳的排放排名世界第三，國際能源總署（IEA）在 2015 年的世界能源預估中，還特別撰寫了「印度特集」。今後中國和印度將是必需削減二氧化碳排放的重點國家，以下簡單介紹印度的能源結構與未來動向。

世界第三的能源和電力消費國：慢性電力不足

印度是世界能源消費大國，2013 年一次能源的消費為 2000 年的一倍，雖位居世界第三但目前人均消費能源卻僅有世界平均值的 1/3，由於經濟與人口均呈正向成長，IEA 預測，今後印度在能源的消費仍會持續上升，雖然目前仍有 2.4 億人無電可用。

在電力方面的消費和能源相同，近年來亦大幅增加。但目前印度發電設備的建設卻仍無法趕上其電力的消費，加上技術的問題、偷電和輸配電的電力損失，形成慢性的「電力缺口」。今後，隨著經濟的成長，需要考慮到多數未電氣化的人口，能源的需求更將大幅的上升，預計 2040 年的增加幅度將會是 2013 年的 3-4 倍。

能源以煤炭和生質能為主

印度的能源供給以煤、石油、生質能和廢棄物等為主，2013 年能源供給組成為煤 44%、生質能和廢棄物 24%、石油 23%、天然氣 6%、水力 2%以及核能 1%。由於農村炊事使用的木柴、牛糞等生物燃料為生質能與廢棄物的主要來源，其重要性仍存在。

這些能源中的煤、生質能、廢棄物和水力雖然為印度國產能源，但目前卻不足以供應日漸增加的能源消費，必須靠進口來補足，因此印度在 2013 年的能源自給率僅有 67%。

至於電力的供給，2013 年使用國產煤的火力發電占比為 73%，其餘水力 12%、燃氣 5%、核能 3%、風力 3%、石油 2%和生質能與廢棄物 2%。



空氣污染嚴重惡化，二氧化碳排放也增加

由於能源和電力消費的增加，特別是大量的使用煤炭，導致印度和中國一樣，空氣污染越趨嚴重。空氣中 PM2.5 的濃度，世界衛生組織（WHO）的標準值為 10 微克／立方公尺，印度竟超過 15 倍。

此外，溫室氣體排放量亦增加，2012 年排放量為 19.5 億噸為世界第三位（占比 6.2%）。2013 年人均排放量為 1.5 噸，卻是金磚四國中最少的國家，為世界平均的 1/3。今後隨著經濟發展，2040 年的溫室氣體排放預計將增加至目前的 3 倍。因此，2015 年 10 月在巴黎舉行的聯合國氣候變化綱要公約（WNFCCC）第 21 屆締約大會（Conference of the parties, COP21）中，印度提出至 2030 年為止，和 2005 年相比，將以削減 33-35%溫室氣體的排放為目標。

推動再生能源的開發，2022 年太陽能發電 1 億瓩

隨著能源和電力消費增加，為解決日趨嚴重的環境問題，印度計畫實施能源應用的對策，特別是電力部門，為確保電源的穩定與環境的平衡，需要推動節省能源，並導入

<table>
<tr><th colspan="9">表 1　印度電力供給推測（2040 年）</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">2013 年（實際）</td><td colspan="6">2040 年（預測）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">發電量（10 億度）</td><td colspan="2" rowspan="2">1,193</td><td colspan="2">現狀情境</td><td colspan="2">新政策情境</td><td colspan="2">450 情境</td></tr>
<tr><td colspan="2">4,490</td><td colspan="2">4,124</td><td colspan="2">3,292</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="8">電源別比率（%）</td></tr>
<tr><td>煤</td><td colspan="2">73</td><td colspan="2">68</td><td colspan="2">57</td><td colspan="2">17</td></tr>
<tr><td>天然氣</td><td colspan="2">5</td><td colspan="2">10</td><td colspan="2">10</td><td colspan="2">17</td></tr>
<tr><td>石油</td><td colspan="2">2</td><td colspan="2">1</td><td colspan="2">1</td><td colspan="2">1</td></tr>
<tr><td>核能</td><td colspan="2">3</td><td colspan="2">5</td><td colspan="2">7</td><td colspan="2">14</td></tr>
<tr><td>水力</td><td rowspan="6">17</td><td>12</td><td rowspan="6">17</td><td>7</td><td rowspan="6">25</td><td>8</td><td rowspan="6">53</td><td>16</td></tr>
<tr><td>風力</td><td>3</td><td>5</td><td>7</td><td>13</td></tr>
<tr><td>生質能、廢棄物</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>7</td></tr>
<tr><td>地熱</td><td>-</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td></tr>
<tr><td>太陽能</td><td>0</td><td>3</td><td>7</td><td>15</td></tr>
<tr><td>海洋</td><td>-</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
</table>

低碳能源。

2012 年為實施節能，設立「節能證書交易制度（PAT）」，火力電廠必須減少二氧化碳排放量，若未能達到削減額度時將科以罰金。

另一方面，為開發低碳能源，印度開始建設高發電效率的大型燃煤電廠。並增加核能和再生能源的開發。再生能源方面除了水力以外，將導入 2,250 萬瓩的風力發電。同時政府亦積極開發太陽能，2009 年政府公布「太陽能國家計畫」，預計 2022 年太陽能發電將達到 2,000 萬瓩，2014 年時更正為增加 5 倍，以達成 1 億瓩為目標。

核能 2050 年占比為 25%

預計 2040 年時核能發電將增加至 1,730 萬瓩，為目前的 3 倍，長期目標則是 2050 年時的核能發電量，將占總發電量的 ¼。

在核電的開發方面，目前印度是以國產反應爐為主。事實上，由於印度並未簽署「核不擴散條約」，早期由海外輸入的核能相關物質因此受到限制，但因國內的釷礦豐富，印度一直以推動發展壓水式重水反應爐（Pressurized Heavy Water Reactor, PHWR）為目標。印度現在共有 21 座壓水式重水反應爐，總發電量達 580 萬瓩，核能發電占總

<table>
<tr><th colspan="9">表 2　印度一次能源供給推測（2040 年）</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">2013 年（實際）</td><td colspan="6">2040 年（預測）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">換算石油
（百萬噸）</td><td colspan="2" rowspan="2">775</td><td colspan="2">現狀情境</td><td colspan="2">新政策情境</td><td colspan="2">450 情境</td></tr>
<tr><td colspan="2">2,091</td><td colspan="2">1,908</td><td colspan="2">1,495</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="8">電源別比率（%）</td></tr>
<tr><td>煤</td><td colspan="2">44</td><td colspan="2">54</td><td colspan="2">49</td><td colspan="2">30</td></tr>
<tr><td>天然氣</td><td colspan="2">6</td><td colspan="2">7</td><td colspan="2">8</td><td colspan="2">12</td></tr>
<tr><td>石油</td><td colspan="2">23</td><td colspan="2">24</td><td colspan="2">24</td><td colspan="2">23</td></tr>
<tr><td>核能</td><td colspan="2">1</td><td colspan="2">3</td><td colspan="2">4</td><td colspan="2">8</td></tr>
<tr><td>水力</td><td rowspan="3">26</td><td>2</td><td rowspan="3">12</td><td>1</td><td rowspan="3">15</td><td>1</td><td rowspan="3">27</td><td>3</td></tr>
<tr><td>生質能、廢棄物</td><td>24</td><td>9</td><td>11</td><td>17</td></tr>
<tr><td>其他再生能源</td><td>0</td><td>2</td><td>3</td><td>7</td></tr>
</table>

註：現狀：現行政策；新政策：追加的施政策略；450 情境：大氣中溫室效應氣體濃度達到 450ppm（CO_2 換算），實施的政策能控制在這個濃度以下的情境。

參考文獻：「IEA 世界能源預測」2015 年版

發電量的比率為 3%。

今後不只是國產反應爐，印度將以鈾燃料為主，從海外進口反應爐技術，擴大核能發電計畫。以自產能源為主的國產反應爐，因目前仍無法應付電力消費的快速成長，需盡快導入最先進的技術，引進大型的輕水反應爐和擁有鈾資源的國家建立友好的關係。印度在核能相關物質的輸入於 2008 年獲得解禁，隨即積極地和美、法、英、俄羅斯、哈薩克、加拿大、澳大利亞簽署核能協定。

之後，印度以各國的協定為基礎，大力推動核能建設計畫。俄羅斯在解禁前已向印度輸出反應爐，同意協助印度建設 11 座機組；法國則於 2009 年獲准在印度傑塔普（Jaitapur）廠址建設核電機組，並於 2016 年的雙方首長會議，另外再增加 6 座反應爐建設；連日本都在 2015 年 12 月舉行的雙方首長會晤，與印度簽訂核能協定。

今後印度在反應爐建設、資金的調度、事故的賠償、設置地點的輿論動向等方面，都是值得我們關注的課題。

資料來源：

東海邦博，“イソド電力消費增対策に再エネと原子力も推進”，Energy Review, April 2016, p. 64-65

龍門核電廠建廠管制報導

文・編輯室

2 月 22 日原能會函送台電公司龍門計畫第 62 次定期視察計畫，本次定期視察訂於 3 月 28 日至 4 月 1 日赴龍門工地實施，就封存期間 1 號機設備運轉管理作業、2 號機維護計畫及 2 號機不符合項目管制等作業辦理情形進行視察。並於 2 月 26 日發函通知本會核四廠安全監督委員會委員，邀請委員隨同瞭解本會視察作業辦理情形。

3 月 8 日原能會函送台電公司視察備忘錄 - 封存品質文件清查作業及時程，雖然台電公司已完成龍門電廠 2 號機封存期間，相關維護保養排程查詢系統的建置，有關 2 號機出廠品質文件與接收檢驗等部分（如 QRP 等）的清查作業時程仍未提出，請台電公司補充。

3 月 24 日原能會函送台電公司注意改進事項 - 第 53 次定期視察「完工履勘作業管制」，由於台電公司已於施工處程序書 LMP-PMD-012 建立相關管制程序，以避免前述情形再次發生，故同意本項結案。

4 月 12 日原能會函送台電公司注意改進事項 - 第 60 次定期視察「品質文件保存、倉儲管理及廠務管理（含防颱）」，請台電公司於完成低輻射廢料儲存倉庫（ODSF）品質文件儲存區的防火布鋪設作業後，再提出結案申請。

4 月 12 日原能會函送台電公司注意改進事項 - 第 59 次定期視察「2 號機各系統進入封存的準備與管制作業品質查證」，由於龍門施工處已修訂視察發現有關程序書維護表單，改正維護作業結果無處可記錄，以及維護紀錄表單所列維護項目與實際作業不一致的缺失，因此同意本項的結案申請。

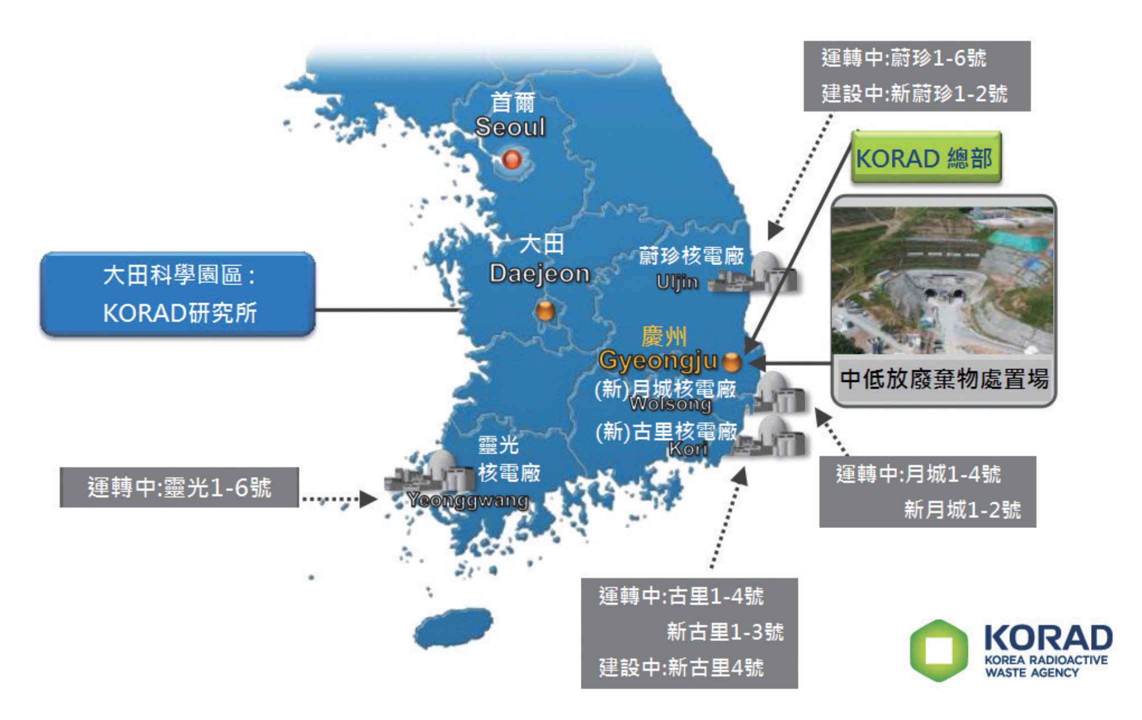
4 月 14 日原能會函送台電公司注意改進事項 - 第 61 次定期視察「2 號機施工清點作業規劃之查證作業」，由於龍門施工處已針對有關設備安裝現狀與設備清單登載不符的視察發現，進行人員宣導、改正相關紀錄缺失與擬定改正預防措施，故同意台電公司有關結案申請與改善措施答覆說明。

4 月 18 日原能會函送台電公司注意改進事項 -2 號機 RPV 維護作業，請台電公司補充爐壁擦拭結果以水質氯離子濃度分析的氯離子濃度，與爐壁表面沉積量的轉換關係，以及需執行爐壁清洗的氯離子表面沉積量標準（mg/m^2）。

4 月 25 日原能會書函送台電公司注意改進事項 -RHR 馬達拆卸作業，由於龍門施工處已針對拆卸作業缺失修訂程序書，並改善設備儲存環境及識別，故同意台電公司有關結案申請與改善措施答覆說明。

深入探訪韓國中低放射性廢棄物處置場

文・編輯室



▲ 韓國核電相關設施地理位置圖（圖片來源：KORAD）

位於韓國東南部慶州市（Gyeongju），在月城核電廠附近的韓國首座中低放射性廢棄物處置場，自 1986 年開始，將近 20 年的選址過程，中間經歷了 9 次選址失敗，直到 2005 年 11 月，4 個候選場址之一的慶州，終於在當地居民投票以將近 9 成的得票率而被選定為最終場址。處置場的第一期工程作業立即於 2006 年初開始，2014 年初完工，並在去（2015）年 8 月底舉行開幕儀式，正式宣告啟用。

根據國際原子能總署（IAEA）的（資料）顯示，加上今年 1 月中開始運轉的新古里 3 號機，韓國目前運轉中核電機組有 25 座，建設中有 3 座，去年核能提供了韓國將近 1 千 6 百億度的電力（157,196 GWh），占國家總發電量的 32%。也因如此，核電

廠中已累積了不少中、低放射性廢棄物。在中低放廢棄物最終處置場仍未建立前，核電廠所產生的廢棄物只能先暫存在核電廠內。

核電廠產生的中低放射性廢棄物

根據經濟合作暨發展組織（OECD）的核能署（NEA）的報告顯示，截至 2014 年底，僅來自韓國核電廠的中低放射性廢棄物就已有將近 9.7 萬桶（200 升 / 桶），其中靈光與蔚珍電廠的貯存量均達可貯容量的 98%，可說是接近飽和的狀態，至 2015 年時，貯存量已累積約 9.9 萬桶。在慶州的月城中低放廢棄物處置場建造完成後，已先將 6,163 桶來自核電廠的中低放廢棄物，轉移至該處進行最終處置，剩下的仍暫存於各個核電廠內。

非核電廠產生的中低放射性廢棄物

除了核電廠與核燃料製造廠會產生中低放廢棄物之外，只要會使用到放射性同位素一大多是研究機構、醫院、工廠以及大學等單位，均會產生中低放廢棄物。

這些非核電廠所產生的中低放廢棄物，目前存放在「韓國放射性廢棄物管理局（Korea Radioactive Waste Agency，KORAD）」裡面的「放射性同位素廢棄物管理設施（Radioisotope Waste Storage of KORAD）」的就有 3 千多桶，放在韓國核能研究所（Korea Atomic Energy Research Institute，KAERI）有 2 萬多桶，韓國電力公司旗下的核燃料公司（KEPCO Nuclear Fuel Co., Ltd.）約有 7 千多桶，加上其他單位的 1 千 5 百多桶，總共大約有 3.5 萬桶的中低放廢棄物是來自這些機構。

在韓國，含有放射性物質或者遭受放射性汙染的物品都必須進行最終處置，依照其放射性的活度及產熱程度，來區分該物質屬於中低放射性廢棄物或高放射性廢棄物。由於韓國目前對「用過核燃料再處理」仍持觀望的態度，因此除了用過核燃料之外，並沒有其他的高放廢棄物。至於核電廠工作人員的工作服、靴子、替換零件，以及來自研究機構或醫院的瓶子、注射器管，均屬於中低放廢棄物。

表 1. 韓國運轉中核電廠內中低放射性廢棄物貯存狀況（截至 2014 年 12 月）

運轉中核電廠		中低放射性廢棄物		
廠址	機組數量	可貯存容量（桶）	累積貯存量（桶）	百分比（%）
古里（包含新古里）	6	60,200	42,816	71
靈光	6	23,300	22,823	98
蔚珍	6	18,929	18,467	98
月城	5	13,240	12,745	96
總計	23	115,669	96,851	84

註：1 桶 = 200 升，資料來源： KORAD、NEA



▲月城中低放射性廢棄物處置場鳥瞰圖(圖片來源:KORAD)

月城中低放射性廢棄物處置場

位於朝鮮半島東南沿岸，與月城核電廠相鄰的月城(Wolsong)中低放廢棄物處置場，占地超過 2 百萬平方公尺(相當於 60.5 萬坪)，預計可容納共 80 萬桶、16,000 公升的中低放射性廢棄物。該處置場目前已規劃好兩期處置場建設，第一期為地下筒倉式處置場，大小約 35,000 平方公尺，可容納 10 萬桶廢棄物，第二期則是位於地表的庫房式處置場，大小約 33,000 平方公尺，可存放 12.5 萬桶的廢棄物，第三期目前仍在規劃當中，為現今全球首座同時設有地下與地表處置設施的處置場。

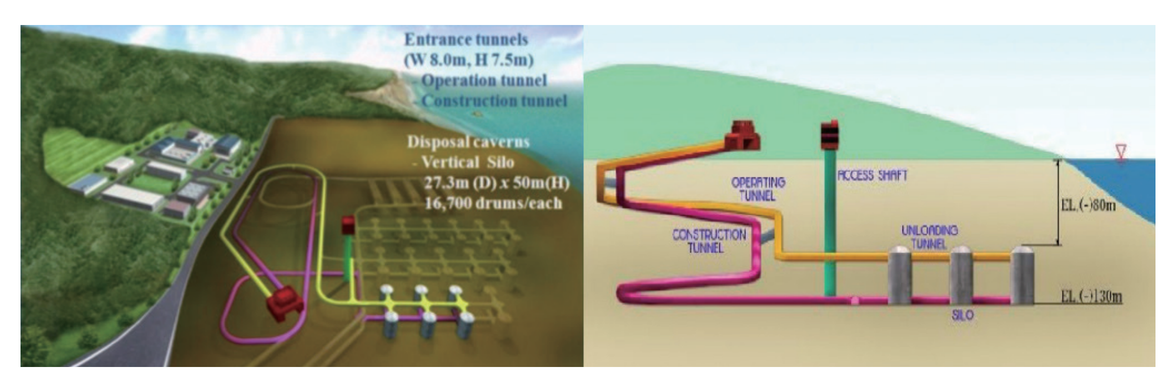
處置場第一期「地下筒倉式處置設施(Underground Silo Type)」的研究調查與規劃作業始於 2006 年，隔年就以「處置設施的安全性」向國際原子能總署(IAEA)申請同業審查，並於同年獲得韓國產業通商資源部(MOTIE)批准通過，2008 年獲韓國核子安全與保防委員會(NSSC)頒發建設與運轉執照，2013 年完成處置筒倉的施工工程，2014 年 1 月完成第一期所有建設工程，並於去年 7 月中移入第一批中低放廢棄物，8 月底舉行開幕儀式，正式開始運轉。

該座地下筒倉式處置設施建於海平面下 80-130 公尺處，主要由兩條坑道、一

表 2. 韓國中低放射性廢棄物貯存狀況(截至 2014 年 12 月)

地點	可貯存容量(桶)	累積貯存量(桶)
核電廠(23 座機組)	115,669	96,851
韓國放射性廢棄物管理局 KORAD	9,750	3,207
韓國核能研究所 KAERI	39,438	20,399
韓電核燃料公司 KEPCO-NF	8,900	7,287
其他	-	1,496
總計	**173,757**	**129,240**

註：1 桶 = 200 升，資料來源：KORAD

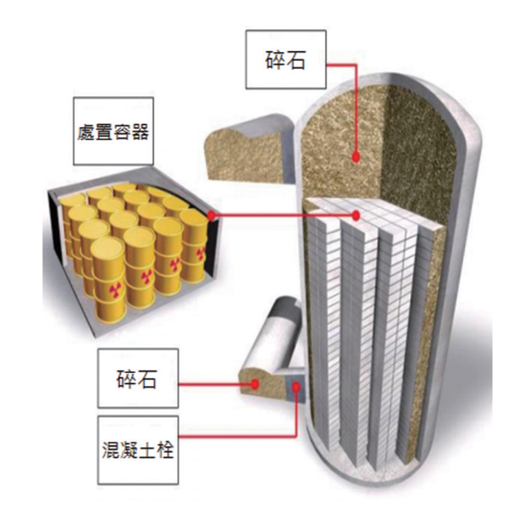


▲處置場第一期設施（圖片來源：KORAD）

個豎井以及 6 個處置筒倉所組成。兩條長約 2 公里、寬 8 公尺、高 7.5 公尺的坑道分別為用於輸送建造設備及材料的「建造坑道（Construction Tunnel）」，以及用於運送桶裝式放射性廢棄物的「運轉坑道（Operating Tunnel，位於筒倉上方的後半段為置入坑道）」；豎井則為工作人員的出入口；6 座直徑約 25 公尺、高 50 公尺的直立式處置筒倉（Silo），側壁均以 60 公分厚的鋼筋混凝土襯砌，總共可容納 10 萬桶（200 升 / 桶）的放射性廢棄物。

由核電廠與其他使用放射性同位素機構所產生的中低放射性廢棄物，在經過壓縮固化處理並裝入特殊的搬運容器內，暫存於各機構之後，將使用陸運或海運的方式運送至該最終處置場。除了隔壁月城核電廠產生的中低放廢棄物是以陸運的方式抵達處置場之外，其餘各電廠以及其他單位所生產的中低放廢棄物，均是透過特殊結構的運輸船舶，以海運的方式運送至處置場。

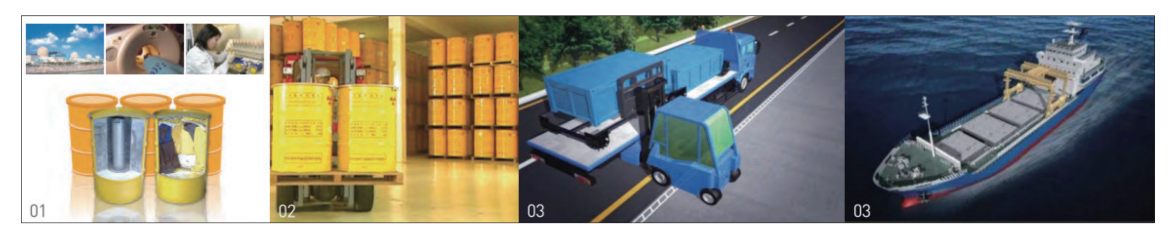
根據接收規範，廢棄物在送達處置場後會先在檢查設施中進行檢測作業，不符合規範者必須送返回原貯存處，檢測合格者則會裝入 10 公分厚的混凝土處置容器中，以卡車沿著運轉坑道搬運至處置倉上方，再以吊



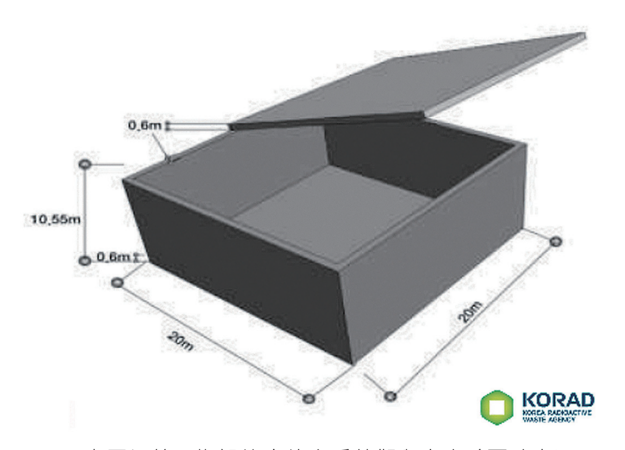
▲處置倉在貯滿後將以碎石等密封材料將剩餘空間填滿（圖片來源：KORAD）

車循序堆置。每座處置倉貯滿後將使用碎石等密封材料填滿其空隙，待所有處置窖均貯滿即以混凝土封閉兩條坑道入口，進行長期監管。

與處置場第一期不同，仍在建設當中的第二期，是位於地表的庫房式處置場，大小超過 7 萬平方公尺，可放置多個長 20 公尺、寬 20 公尺、高 10.5 公尺、厚度 0.6 公尺的混凝土盒狀庫房，總共可容納 12.5 萬桶放射性廢棄物。庫房上方遮蓋物為可移動式的屋頂，待每座庫房貯滿後將會灌入泥漿或碎石，來填滿剩下的空隙。在未封閉前，



▲ 放射性廢棄物最終處置過程：處理→包裝與暫存→使用陸運或海運輸送至處置場→



▲處置場第二期設施中的庫房外觀與大小（圖片來源：KORAD）

庫房上方則會架設高架式起重機來堆置廢棄物桶，處置場工程預計 2019 年完成。

待處置場第二期完工後，韓國將對中低放廢棄物做出更詳細的分類，分成中放射性廢棄物（ILW）、低放射性廢棄物（LLW）以及極低放射性廢棄物（VLLW），並根據其放射性程度來選擇最終處置的方法。深層地質最終處置場可存放所有放射性種類的廢棄物（包含用過核燃料）。中低放廢棄物處置場第一期的地下筒倉式處置場可放置中、低、極低放廢棄物，第二期的地表庫房式處置場僅可存放低、極低放廢棄物。

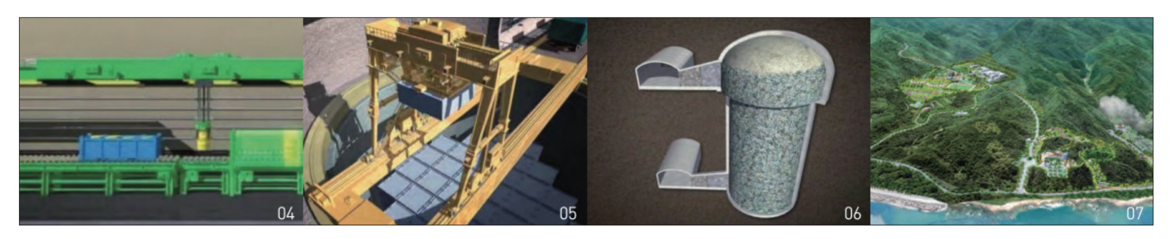
除了處置場第一、第二期之外，月城中低放廢棄物處置場還有多個位於地面的輔助性核子設施，主要為接收與臨時貯存廠房、放射性廢棄物處理廠房、液狀放射性廢棄物處理廠房、電力供應廠房、設備與維護廠房、監控中心、環境研究實驗室等建築。

在月城中低放廢棄物處置場中唯一公開供民眾參觀、不屬於限制性區域的「Nuri 公園」，有以自然科學為主題建立的 KORADIUM 遊客中心，還有包含露天表演劇場以及數個不同主題公園等，是一座可供教育、表演藝術、休閒方面多元化使用的複合性設施。

選址過程多舛

韓國中低放廢棄物處置場自 1986 年開始其選址程序，曾以蔚珍（Ulchin）、盈德（Yeongdeok）、安眠島（Anmyundo）、高城（Kochang）、掘業島（Gulupdo）等地方作為候選場址，一直到 2005 年最終場址確立前將近 20 年的時間，共經歷了 9 次選址失敗，最後一次為 2003 年 7 月的蝟島（Wido-Island），連韓國 KORAD 研究員在介紹時，都以「慘痛（Painful）」這個字來形容其過去的選址過程。

在那之後，韓國開始檢討以往失敗的原因，除了民眾對處置設施存有安全顧慮之外，處置場的計畫執行過程並不夠透明，在社會上缺乏共識，民眾也不信任政府，導致 9 次的選址，不是沒有地方政府回應，就是遭到當地居民或環團的反對，均以失敗收



→接收與檢測→轉移至處置場第一期地下處置窖→處置場關閉→長期監管（圖片來源：KORAD）

場。

因此，當時的知識經濟部（今為產業通商資源部）隨即在 2004 年公布新的選址程序，除了承諾不會在中低放射性廢棄物最終處置場建設用過核燃料中期貯存場之外，知識經濟部以及韓國水力核能電力公司（KHNP）積極採取各種方式與民眾溝通，設法增加居民對處置場的接受度。

另外，為了確保選址過程的透明及公平性，知識經濟部在 2005 年 3 月中，集合了 17 位來自各領域的民間專家，成立了「選址委員會」，負責監督整個選址的過程，並在 3 月底通過「中低放射性廢棄物處置設施所在區域之特別法條」，法條內容包含了提供將近 3 千億韓元（約 100 億新台幣）的特別財務補助、依廢棄物入場的數量來計算當地居民的回饋金、採用強制地方公投來加強當地民眾的參與以及了解程度，並將韓國水力及核能電力公司總部遷移至處置場所在地，成功宣導溝通，取得民眾信任，以致中低放廢棄物處置場的設置不再是受人民唾棄、避之唯恐不及的燙手山芋。

而第 10 次的選址—2005 年 8 月 31 日，共有 4 個地方政府提出設置處置場申請，分別是慶州、群山（Gunsan），浦項（Pohang）、盈德，在同年 11 月初舉行的地方居民投票當中，全部地區的贊成率均超過 6 成，反映出當地居民對政府以及處置場設施的信心，



▲ Nuri 公園（圖片來源：KORAD）

慶州更以將近 9 成的贊成率排名第一，被選為中低放廢棄物處置場最終場址。

除了在民眾方面所下的功夫，韓國政府在內部也做了不少改善，像是強化政府各部門間的合作，提高執行效率、在開始選址程序前需先對場址進行足夠的研究調查、選址過程必須公正公開、成立相關策略制定系統等等，都是韓國政府致力於推動中低放廢棄物處置場設施建設，所做出的內部改善。

韓國放射性廢棄物管理局

由於韓國於 2008 年通過的「放射性廢棄物管理法規」，政府在 2009 年 1 月成立了放射性廢棄物專責管理機構—KORAD，前身為韓國放射性廢棄物管理公司（Korea

表 3. 韓國 2005 年中低放廢棄物處置場場址公投結果

地區	慶州	群山	浦項	盈德
投票率（%）	70.8	70.2	47.7	80.2
贊成率（%）	89.5	84.4	67.5	79.3

Radioactive Waste Management Corporation，KRMC），隸屬於產業通商資源部，負責國內所有放射性廢棄物的管理，因內容還包含了放射性廢棄物於運輸、貯存、處置方面的研發，KORAD 在大田（Daejeon）設有研究所，或許是為了方便監管處置場設施，KORAD 也一同將總部設於慶州，至於資金管理中心則是位於首都首爾。

在韓國核工業界扮演著非常重要的角色的 KORAD，期望能以獨立組織的身分，提高國內放射性廢棄物管理的安全、專業以及透明程度，建立一個符合國際標準的放射性廢棄物管理體系。

結語

韓國在推動「中低放廢棄物最終處置計畫」的過程當中，耗費了將近 20 年的時間在選址上面，但在 2005 年確定慶州為最終場址後的 3 年內，就完成了處置場的系統規劃設計、安全分析、通過審核以及獲得建設執照，除了國內核電廠中的貯存空間已接近飽和，有時間上的壓力之外，在預選場址時就已進行詳細的地質調查，掌握關鍵因素，以及提早展開處置場的規劃設計（約 1990 年前後就已開始，但因當時還未選出廠址地點，不能確定場址適合建設地下筒倉還是地表處置場，因此只能雙管齊下，並分別於 1993 與 1999 年完成地下筒倉與地表處置場的概念設計）等，都是韓國為什麼能以如此驚人的速度，建立中低放廢棄物處置場的主要原因。

資料來源：

1.KORAD, “Korea Radioactive Waste Agency Brochure”, February 2015
2.KORAD, “New Korean LILW Repository – Current Statues of Radioactive Waste Management in Korea”, February 2015
3.KORAD, “Radioactive Waste Management in Korea”, November 2015
4.NEA, “Radioactive Waste Management in the Republic of Korea”, 2014
5.NEA, “Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries - Korea”, 2016
6. 行政院原子能委員會放射性物料管理局，“赴韓國水力核能電力公司研討低放處置技術、參訪核能工程與技術機構及慶州低放處置場址”, January 2009

茲卡病毒好可怕！就用輻射讓雄蚊「絕後」

文・編輯室



▲ 國際原子能總署正在研發以輻射照射公孑孓，讓其失去生育能力，協助巴西對抗茲卡病毒疫情的擴散（圖片：IAEA）

2016年1月19日我國衛生福利部疾管署發布國內首例茲卡（Zika）病毒境外移入的個案，而第二個確診病例則在5月21日公布，都是境外移入的案例。疾管署已將茲卡病毒感染列為第二類法定傳染病，同時提升中南美洲、加勒比海地區，以及泰國的旅遊疫情建議至「警示」；東南亞的柬埔寨、印尼、馬來西亞、菲律賓及馬爾地夫為「注意」。疾管署表示，我國是繼日本之後，亞洲第2個發現茲卡病毒境外移入個案的國家。

疾管署表示，台灣可能會傳播茲卡病毒的蚊子，就是會散播登革熱的埃及斑蚊與白線斑蚊，二者發病症狀類似。由於新聞媒體不斷報導，如果懷孕婦女遭帶有茲卡病毒的病媒蚊叮咬，導致胎兒罹患小腦症的機率很高，一時之間引發國內民眾高度關切。

根據疾管署網站資料，世界衛生組織（WHO）於4月14日更新茲卡病毒疫情現況報告，自2007年迄2016年4月13日止，共64個國家／屬地具本土疫情紀錄，貝里斯及聖露西亞為新增本土疫情國家，美洲地區累計35國；6國出現經其他非蟲媒傳播本土疫情；巴西等至少13個國家／屬地出現小頭症病例增加的情形。基於現有研究，感染茲卡病毒、小頭症及其他胎兒腦部嚴重缺陷之間



具有因果關係，已經有強烈的科學共識。

如果被帶有茲卡病毒的病媒蚊叮咬，將在經過約3至7天的潛伏期後開始發病。發病期間血液中帶有病毒，如果又被病媒蚊叮咬，病毒將進入蚊子體內增殖15天左右，進入蚊子唾液腺，此時蚊子具有傳播病毒的能力，再叮咬其他健康人體時，其他人也會受到感染。目前仍沒有疫苗可預防茲卡病毒，最重要的是防止蚊蟲叮咬。

茲卡病毒發病的症狀和登革熱相似，包括發燒、頭痛、關節痛等，還可能引發結膜炎（紅眼），這與登革熱不同。治療茲卡病毒也沒有專門藥物，可採用支持療法，補充足夠的水分，充分休息，通常一週左右就可自行痊癒。

美國疾病管制局（CDC）已經發布針對茲卡病毒的旅行警告，建議孕婦暫時避免去茲卡病毒流行的地區旅行，包括巴西、哥倫比亞等24個國家與地區，其中有22個位於拉丁美洲。在疫情最嚴重的巴西，政府已經開始全力滅蚊。

由於第31屆夏季奧運今年8月5日將在里約熱內盧登場，巴西政府的防疫工作相當吃緊。聯合國糧農組織／國際原子能總署（IAEA）2月初表示，應巴西衛生部的請求，國際原子能總署準備向巴西投放經輻射絕育的雄性蚊子，通過滅蚊來對抗日趨嚴重的茲卡熱疫情。

經過輻射照射　可讓雄蚊絕育

根據路透社報導，國際原子能總署專家2月16日與巴西官員會面，討論如何在2016年夏季奧運主辦國推廣不孕性昆蟲技術（Sterile Insect Technology, SIT）的方式。

國際原子能總署已經召集專家著手研發輻射蚊子，以輻射照射公孑孓，讓其失去生育能力，這種方式只會消滅病媒蚊，不會像噴灑殺蟲劑那樣連同其他無辜昆蟲一起消滅。副署長馬拉瓦西（Aldo Malavasi）表示：「如果巴西放出大量不育的雄蚊，幾個月後可降低蚊子數量，（但）必須結合其他方法。」

針對蚊子等昆蟲生命週期相對較短、繁殖快、數量大的特點，原子能總署近年來



開發出一種昆蟲輻射絕育技術：雄性昆蟲在接受過輻射後變得不育，但依舊可以和雌性昆蟲交配，投放至野外，可在不殺害動物或使用化學物品情況下，大幅減少昆蟲在局部區域的數量，對病蟲害防治方面比噴灑農藥等技術更環保，可用在減少果蠅等昆蟲的數量。

這項技術是讓雄性埃及斑蚊曝露在X光或伽瑪（γ）射線下，讓牠們不育，接著把這些從實驗室繁殖的雄蚊「野放」，與雌蚊交配，雌蚊雖產下卵子卻無法孵化，因此蚊子數量會明顯減少。因為雄性蚊子在野外不叮咬人畜，很適合大規模培養投放。

國際原子能機構也曾與中國科學研究機構合作，因應中國廣東的蚊蟲問題，並在非洲等地試驗過這種技術。據了解，在一些相對隔絕的區域比如海島等地，放飛絕育昆蟲的效果十分理想，甚至能夠基本殺滅這類昆蟲。

聯合國打算與德國無人機公司合作，一次釋放數千隻輻射蚊子，由於透過競爭交配減少野生蚊蟲數量需要時間，需要 6 個月來減少蚊子數量達80%以上，但奧運將於8月舉辦，可能無法及時幫助巴西在奧運前解決茲卡病毒疫情，但還是值得專家們全力以赴。

參考資料：

1.中央通訊社，2016/01/19
http://www.cna.com.tw/news/firstnews/201601190232-1.aspx

2.中央通訊社，2016/01/20
http://www.cna.com.tw/news/firstnews/201601200252-1.aspx

3.衛福部疾管署，http://www.cdc.gov.tw/qa.aspx?treeid=5784355bfd011a1c&nowtreeid=60f10a9dd3effb8c

4.IAEA, 2016/02/05
https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-helps-brazil-step-up-the-fight-against-zika-mosquitoes

5.中國核網，2016/02/17
http://realtime.xmuenergy.com/newsdetail.aspx?newsid=114725

怕輻射，不如先補腦

文‧廖彥朋



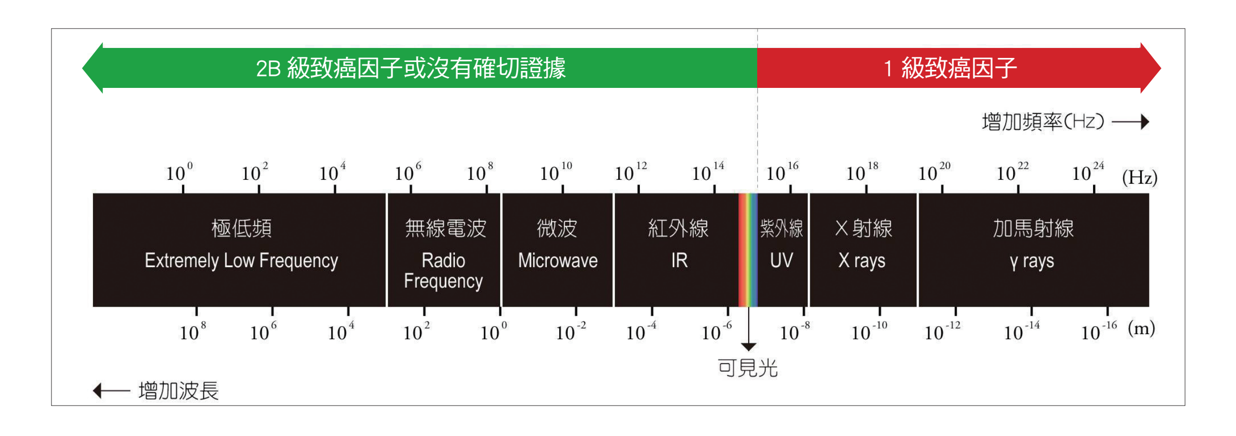
大家好，打給厚，胎嘎猴，我是「周魚民的老闆」廖彥朋，我的背景是醫學物理，過去在醫院的放射科工作，很榮幸有這個機會來跟大家聊聊核輻射到底有多恐怖。

我們就直接打開天窗說亮話，究竟被曝露多少劑量的輻射就一定會得癌症、一定會死亡？根據過去的文獻指出，一般而言，如果瞬間被曝露超過8西弗的輻射就絕對會死亡，是為「絕對致死劑量」；而依據輻射與癌症風險的線性推估，如果被超過20西弗的輻射曝露，這一生就必定會得到癌症，是為「必定罹癌劑量」。有沒有發現弔詭的地方出現了？如果我被曝露8西弗就已經會死掉了，「劑量超過20西弗就必定會得到癌症」的那件事情還有意義嗎？可見「劑量」的多寡與其相應的生物效應將決定我們該怎麼關心輻射曝露這件事。

為什麼大家那麼關心這東西有沒有輻射呢？因為一般人聽到「輻射」，立刻會聯想到的不外乎就是「畸形兒」、「癌症」、「原子彈爆炸」之類的東西，很容易建立起一種三段論法的邏輯：（1）輻射對人體不好（2）這東西有輻射（3）所以這東西對人體不好。先別管低劑量輻射對人體到底有多少影響，你聽過「非游離輻射」嗎？

游離輻射與非游離輻射

我們常在報章媒體上看到的、現在已知可能有害人體的輻射，稱為「游離輻射」，例如：X射線 、阿伐射線、 貝他射線、伽瑪射線、各式各樣沒聽過的射線，所謂的「游離」，是指高能量電磁輻射或粒子穿透人體的時候將人體內的原子中擠出電子的作用，這時候你的身上原子就不穩定啦，接著就可能會產生一些像是DNA斷裂的生物效應，大家都知道DNA是一種成對的雙股螺旋鏈，如果只斷了一條，身體就可以很輕鬆地修補起



來，但如果成對的兩端同時斷裂了，那麼細胞就沒辦法正常複製，然後可能會自殺、或是變態、或是成為癌細胞這個豬隊友，讓民眾聞之色變、避之唯恐不及。

反觀其它慈眉善目、個性溫和的「非游離輻射」因為太低能(我的意思是能量太低)，所以就沒辦法達到這種效果；也因此，我們前面所說的「劑量」概念只能應用在游離輻射上。為什麼是這樣呢？因為游離輻射穿透人體時會在你身上「做某件事」，這個「某件事」在你身上產生的效果是會殘留的（注意不是輻射殘留，而是效果殘留），所以概念上類似服用藥物一般地「攝取某樣東西」；而非游離輻射因為能量太低，穿透人體之後「揮一揮衣袖不帶走一顆電子」，既然沒有任何傷害DNA的效果殘留在體內，當然也就沒有劑量的概念了。

雖然非游離輻射不會產生游離（這句真的非常像是廢話），但是還是有一些潛在危險的，好比說一些低能量的電磁波會在體內產生感應電流、刺激神經，或是對身體的水分子共振產生加熱的效果，因為這些效應都可能讓人產生不舒服的感覺，非常極端的嚴重情況下甚至可能把人給煮熟，所以實務上各國都有特定的法規限制一般電器產品可能會產生的非游離輻射量，讓我們在使用的過程中可以安心無虞。我想現在你應該能了解所謂的液晶電視、吹風機、微波爐、手機的確會發出「輻射」，但都是只能發出對人體影響非常有限的「非游離輻射」。

輻射生物效應

一般來說，我們會把游離輻射的生物效應分為兩類：「確定效應」與「機率效應」。如果光照字面上看不懂的話真的不能怪我，畢竟作為學者，當然要用一些只有自己看得懂的名詞來拉開自己跟門外漢之間的距離，這就是為什麼大學收那麼高學費的原因（大誤）。

我想，先別提輻射了，你聽過：「十三叔，我的肚子還有一點餓嗎？」。所謂的「確定效應」的意思就是說，假設正常人的胃都是一樣大的，硬塞50個大餅會脹死，依照確定效應的遊戲規則，這時候只吃49個就一定不會死，不過要是不小心再多吃1個就一定會脹死，而且吃超過愈多，死相會愈難看，而這裡的「50個大餅」就是所謂的「閾值劑量」，決定必死的門檻。而所謂的「機率效應」就是只要你吃了餅就可能會被噎死，吃愈多餅，噎死的機率愈高，但是不管



你是怎麼噎死的，死相都一樣，所以如果不想被噎死，就千萬別吃餅，不管你的肚子是不是還有點餓。而這兩者之間可以說是獨立的兩種效應，也就是說，當你一次吃60個餅時，不僅僅可以確定吃完一定會脹死，還有非常高的機率在吃的過程中被噎死。

嗯，理論上是這樣的，但是在真實世界卻不是如此。

閾值劑量是非常難定義的，因為每個人的體質不同，有些人是「哎呀，人家吃不下」的小鳥胃，有些人跟有為一樣吃了50個餅肚子還有點餓，所以說，每個人都有自己獨特的「閾值劑量」，所謂的「50個大餅是脹死的閾值劑量」可能只是一個大群體的中位數或平均值罷了。此外，在吃少量餅的時候，絕大部份情況都不會有人噎死，所以如果我們把這樣的數據拿去跟沒有吃餅的人做大規模的流行病學統計分析，很有可能根本看不出吃不吃餅跟噎死有什麼關係；也就是說，也許必須要吃到某個上氣不接下氣的程度時，發生噎死的情況才會開始明顯。因此，雖然我們不能排除吃一個餅也有噎死人的可能性，但是在一般的情況下，去考慮只吃一個餅就會被噎死的狀況根本是在浪費大家寶貴的時間。

線性無閾假說

要考慮機率效應就得先複習一下放射線是怎麼致癌的。當人體被放射線曝照以後，放射線進入人體會發生一連串我無法用50個字以內解釋清楚的效應去破壞DNA，這時候有兩種可能性，一個是修復，一個是突變。細胞突變之後絕大部份會死亡，其餘的才會產生一些病態的生物效應，這些生物效應中的其中一個就是致癌。在輻射生物學中的一個基本想法是：「我們沒有理由相信任何一個放射線通過生物體時完全不會破壞任何一條DNA」，因此輻射生物學家建立了一

個非常有名的假說，叫做「線性無閾模型（Linear Non-Threshold model，簡稱LNT）」，這個假說告訴我們：「輻射造成的『機率效應（像是癌症之類的）』是沒有低限的劑量的，而且劑量與增加的風險成正比。」當代各種輻射防護多半是基於這樣的假設來做風險評估與劑量限值設定的。

「線性無閾假說」在輻射生物學上是一個對於生性嚴謹、一絲不苟的人說服力十足的假設，然而，在真實世界裡，流行病學家不能僅僅用這樣的「假設」來綜觀世界，必須要做統計分析。這個模型基本上是以廣島、長崎原爆倖存者的資料作為基礎建立的，我們在統計資料中發現，當輻射劑量曝露超過125毫西弗以上，會看到癌症機率有類似線性增加的趨勢，每100毫西弗約增加0.55%的機率；然而在累積劑量低於100毫西弗的群體中，至今仍無法證實癌症機率與劑量之間的確切相關性。事實上，一般人的終身癌症機率大約是50%，也就是兩個人當中就有一個人一生至少會得一次癌症（不管之後是否治癒），因此低於1%的風險增加是沒有臨床意義的。



很多外行人經常犯的錯誤，就是直接把「評估」當作事實，也就是直接拿任意的劑量乘上「4.8%／西弗」這個轉換因子，然後告訴大家現在又多少人因為邪惡的輻射而死，因為他們無法分辨「評估」與「統計」之間的差異。所謂的評估是「預測未來」，而統計是「檢討過去」，「評估」的結果和「統計」的結果未必是一致的。

回過頭來看看輻射的生物效應，由過去數十年的科學證據顯示，如果要產生確定效應所需要的被曝量至少要大於250毫西弗，而機率效應在劑量低於100毫西弗以下的時候，在科學上無法觀察癌症風險提高的顯著性，甚至還有一些動物實驗顯示受到低劑量曝露的小動物的壽命反而增加了。若要一言以蔽之，就是「劑量低於100毫西弗的輻射曝露不會產生確定效應與顯著的機率效應」。

結語

現在民眾一般身處的環境都是接受輻射防護法規監控的，因此在這個前提下，要日常生活裡超過100毫西弗的曝露是非常艱難的任務，即便是生活在核電廠周圍的民眾，保守估計一年也不超過0.0001毫西弗。我今天並不是要告訴大家不論如何輻射都不可怕，因為可不可怕的關鍵在於劑量，唯有瞭解真實的狀況才不會杯弓蛇影、杞人憂天，因為「知識才是真正的防護罩」。

（本文作者為長庚大學醫學物理暨影像科學碩士，任職雙和醫院醫學物理師，著有《怕輻射不如先補腦》）

日本通過 3 部核電機組 重啟的安全審查

文・編輯室

日本原子力規制委員會（NRA）已核准四國電力公司位於愛媛縣的伊方核電廠 3 號機的重啟安全審查申請，自 4 月 20 日起生效。此外，關西電力公司在福井縣的高濱核電廠 1、2 號機組也確認符合新的安全標準。

原子力規制委員會已核准通過伊方核電廠的「營運安全計畫」，意味著該委員會對這座核電廠的緊急應變計畫感到滿意。該應變計畫涵括火災、洪水或其他自然災害，以及發生嚴重事故的各類事件。目前伊方核電廠 3 號機尚待完成「試運轉檢查（Pre-service Inspection）」，重啟之日已然在望。

伊方核電廠 3 號機是 84.6 萬瓩壓水式反應爐，四國電力公司在 2013 年 7 月，向原子力規制委員會提交安全許可與審核的申請。歷經兩年，先於 2015 年 7 月 15 日核發「反應爐設置執照變更」許可；「工事計畫」則在今年 3 月 23 日核准；而「營運安全計畫」審核也在今年 4 月 19 日過關，完成這 3 項必要的許可與審核的程序。

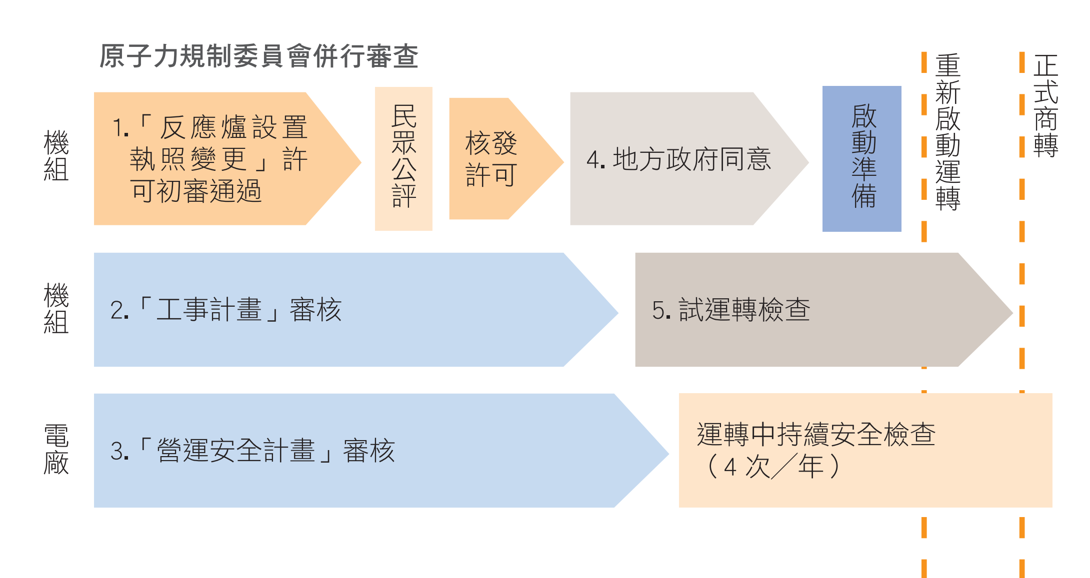
此外，愛媛縣知事中村時廣於 2015 年 10 月 26 日，宣布同意伊方 3 號機的重啟，滿足了重啟的另一個關鍵要素。因此，距離獲准重啟，幾乎只差原子力規制委員會執行完成「試運轉檢查」。根據日本原子力產業發展協會（JAIF）的訊息，原子力規制委員會已於 4 月 25 日開始執行該項安全檢查，正為伊方 3 號機通往重啟之路清除最後一哩的障礙。

因此伊方 3 號機有望繼川內核電廠 1、2 號機組與高濱核電廠 3、4 號機組，成為自 2011 年 3 月福島第一核電廠發生事故後，日本於 2013 年 7 月 8 日實施新的安全標準以來，第 5 部恢復運轉的機組。（註：關西電力公司的大飯核電廠 3、4 號機，在引入新的安全標準前，曾於 2012 年 7 月一度重啟，但已於 2013 年 9 月再度停止運轉）。

九州電力公司位在鹿兒島縣的川內核電廠 1 號機，於去年 8 月重新啟動，是日本引入新的安全標準後第一部重啟的核電機組，川內 2 號機則接續於去年 10 月重啟。另關西電力公司在福井縣的高濱核電廠 3 號機組，於今年 1 月 29 日恢復運轉，高濱 4 號機亦於 2 月 26 日跟進。只不過高濱 4 號機自 2 月 29 日出現「主變壓器 / 發電機內部故障」訊號引發自動跳機後，一直處於離線狀態。不僅如此，地方法院於 3 月 9 日還做出禁止重啟的處分，迫使高濱 3 號機也隨之停擺，以致於這兩部機組目前都仍處於閒置狀態。

隨著高濱核電廠 3、4 號機組於 2015 年 2 月取得「反應爐設置執照變更」許可後，關西電力公司在 2015 年 3 月也向原子力規制委員會提交了高濱核電廠 1、2 號機組的

日本反應爐重啟程序簡圖



安全許可與審核申請。不過，由於 1、2 號機組已達 40 年的運轉年限，未經核准不能繼續運轉，所以關西電力公司在 2015 年 4 月再向原子力規制委員會送出運轉期限延長申請。

日本原子力規制委員會現在已核發了高濱核電廠 1、2 號機組的檢核證明（Screening Certificate），認可其安全措施符合新的安全規定。原子力規制委員會是在今年 2 月先核發了初步檢核證明（Draft Screening Certificate），在接受民眾的公評，並修訂納入 606 項所收到的各方意見後，再經過日本原子力委員會和經產省的確認，才核發正式的檢核證明（Final Screening Certificate）。對於那些運轉已達 40 年的反應爐來說，這張檢核證明是首開的先例。

到目前為止，被視為符合日本新安全標準的 7 座反應爐中，高濱 1、2 號機已運轉 40 年，是最老的兩座。根據福島事件後修訂的核子反應爐管制法，反應爐的運轉年限原則上為 40 年，但經過核准，可延長 20 年。關西電力公司在 2015 年 4 月向原子力規制委員會遞出申請，將擁有 78 萬瓩壓水式反應爐的高濱核電廠 1、2 號機運轉期限分別延長 20 年，直到 2034 年 11 月及 2035 年 11 月。至於這項申請是否能過關，仍必須在今年 7 月法定限期截止前，獲得原子力規制委員會的核准。

資料來源：

1.http://www.world-nuclear-news.org/RS-Approvals-in-place-for-Ikata-3-restart-2004166.html

2.http://www.neimagazine.com/news/newsjapans-nra-issues-approvals-for-three-more-reactor-units-4872406/

3.http://www.jaif.or.jp/en/nra-officially-determines-takahama-1-2-npps-to-be-compatible-with-new-regulatory-standards/

中國有望超越法國成為世界第二核電大國

文・編輯室

根據中國電力行業中規模與影響力均屬最大，且唯一由中國電力企業聯合會舉辦的「中國國際電力電工展（EPOWER）」於今（2016）年 4 月底發布的新聞顯示，中國去年有 8 座核電機組開工，規模屬世界第一，今年有望力壓法國，成為世界第二核電大國。

中國第 5 次「全國核能與輻射安全監管工作會議」，在今年 4 月 19-20 日於北京舉行，主旨為加強核能與輻射安全管制的決策布署、分析核能與輻射安全形勢，同時總結《十二五規劃》的內容並布署《十三五規劃》[1] 的工作。中國環境保護部部長陳吉寧於日前就已透露，中國核電機組數量至 2020 年時預計將超過 90 座，從裝置容量來看，屆時將超越法國，成為世界第二核電大國，僅次於美國。中國環保部核電安全管制司司長湯搏也在 21 日時表示，中國現有運轉中機組 30 座、建設中機組 26 座，如果規劃中的機組準時開工，今年的機組數將超過法國的 59 台，成為世界第二。

隨著國家經濟發展以及對潔淨能源的需求提升，中國開始大量建造核電機組，在核電方面的使用與安全管制也因此備受關注。陳吉寧與湯搏均提到，中國核電廠的安全性在世界上位處先進水準，而且不斷在提高。中國至今並未發生過國際核子事件分級（INES）2 級（偶發事件）以上的運轉事故，核電機組周邊環境輻射劑量也處於正常範圍，安全風險均受到控制。

在確保核安的前提下，中國也因經濟發展需要，開始著手研究建設漂浮式核電廠（即利用漂浮平台建造的可移動式核電廠）。湯搏舉例稱，開採遠洋石油需要電力的供應，漂浮式核電廠或許能為此做出貢獻，但有別於國際間對於陸上災害的分級、分類已有共識，加上海上災害應變能力目前仍未確立，中國官方對此已組織專家，進行深入研究。「（漂浮核電廠）應用還需一段時間，這（啟動建造的考慮）可能還比較超前。」湯搏這樣說，因為建造漂浮式核電廠仍需要環保部聯合海洋、氣象、海事等部門，共同制定規範要求。

陸上核電部分，目前中國主要是第三代核電機組，核電設備國產化已進入「快轉」模式，建造中核電設施的綜合國產化率已達 80%，首座華龍 1 號的國產化率已達 85%，批量化建設後的國產化率高達 95%。設備國產化不僅對同類產品的國際價格產生降價壓力，降低採購成本，也使中國核電出口更具優勢。僅考慮現有海外核電項目以及中國國內核電發展規劃，預計中國未來 5 年內的核電設備投資就將超過人民幣



▲中國 5 次全國核能與輻射安全監管工作會議（圖片來源：中國環保部）

3,200 億元（約 1 兆 6 千億新台幣），且每年將有超過人民幣 600 億元（約 3,000 億新台幣）的市場，隨著「一帶一路」[2] 策略的推動，中國核電設備需求預計將快速成長。

此外，中國國家能源局今年 4 月公布《能源技術革命創新行動計畫（2016 至 2030 年）》，明確列出國家能源技術「兩步走」的目標：2020 年時能源自主創新能力大幅提升，能源技術裝備、關鍵部件及材料對外依賴程度顯著降低，國產能源在國際間的競爭力明顯提高，能源技術創新體系初步形成；2030 年則是建立與國情相互適應且完善的能源技術創新體系，全面提升能源自主創新能力，整體技術達到國際先進水準，躋身世界能源技術強國之列。

《能源技術革命創新行動計畫》中共列舉 15 項創新重點，均以綠色低碳能源為方向，推動能源技術革命並帶動產業升級，內容包含先進核能技術創新、用過核燃料再處理與高放射性廢棄物安全處理處置創新、先進儲能技術創新、氫能與燃料電池技術創新、二氧化碳捕集、利用與封存技術創新等，並發布《能源技術革命重點創新行動路線圖》，確立 15 項創新重點具體目標、行動措施以及策略方向，加強推動國家能源技術革命。

註：

1.《中國國民經濟和社會發展第十二個五年規畫綱要（2011—2015 年）》與《中國國民經濟和社會發展第十三個五年規畫綱要（2016—2020 年）》，簡稱《十二五規劃》與《十三五規劃》，主要闡明這 5 年內的國家戰略藍圖與經濟發展的目標與方向，為中國國民經濟計畫中非常重要的一部分。

2.「一帶一路」是「絲路經濟帶」和「21 世紀海上絲路」的簡稱，藉由依靠中國與其周邊國家既有的雙多邊機制，借助現有且行之有效的區域合作平台的理念。中國國家主席習近平於 2013 年出訪中亞與東南亞國家時提出「一帶一路」理念，在國際社會間引起高度關注。

資料來源：

1.EPOWER 電力電工展，“中國今年有望成為世界第二核電大國”, 22 April 2016

2. 中國環境保護部，“第五次全國核與輻射安全管制工作會議在京召開,” 19 April 2016

3. 中國氣候變化信息網，“發改委和能源局發布能源技術革命創新行動計畫”, 18 April 2016



美國核電廠加裝新的緊急應變設施

文・編輯室

美國喬治亞州的哈奇（Hatch）核電廠已經完成一座經過特別設計，能夠承受地震和龍捲風的新建築。這座圓頂的建築將容納移動式備用緊急設備，包括發電機、泵浦以及其他的救災資源。

這座名為「哈奇巨蛋（Hatch FLEX Dome）」的圓頂形建築，高度近12公尺，直徑有46公尺，鋼筋混凝土牆厚達46公分。該建築的設計能夠承受地震、龍捲風的直接侵襲、龍捲風刮起的飛沙走石等物件的撞擊，或是其他類似的威脅。它將貯備移動式發電機、泵浦、通訊設備、燃料添加設備及其他的資源，在電廠電源長期中斷時可供使用。

▲緊急應變設施將放置在哈奇巨蛋內（圖片：Southern Company）

這些儲放在哈奇巨蛋的備援設備，是在電廠現有的緊急後備系統之外再附加的，只有在電廠各類緊急後備資源耗盡或受損時，才會起動使用。

哈奇巨蛋乃是根據美國核工業界的「FLEX策略（FLEX strategy）」所建造。因日本福島第一核電廠於2011年遭受地震和海嘯的重創，當時所面臨的最大安全挑戰，來自於因為廠內與廠外電源中斷，導致電廠的安全冷卻系統失去了運轉所需的動力來源。美國核工業界為落實福島事件後美國核管會專案小組對此狀況的建議，因而發展出一系列機動性高（flexible）且多樣的應變策略，因此被稱為「FLEX策略」。

「FLEX策略」的基本構想，是利用機動而可靠的後備電源與水源，譬如移動式的設備或是廠外的支援中心等，給核電廠多一層的保護，以對抗此類極端事件的發生。

資料來源：

http://www.world-nuclear-news.org/RS-New-emergency-equipment-facility-for-US-plant-1404167.html

加拿大深入研究建造放射性廢棄物處置場

文・編輯室

安大略電力公司（OPG）已正式告知加拿大政府，將在今年年底前完成深層地質處置場進一步的研究。

安大略電力公司所建議的深層地質處置場，是為處置從該公司的布魯斯（Bruce）、皮克林（Pickering）和達林頓（Darlington）3 座核電廠所產生的中、低放射性廢棄物。該公司所屬意的場址位在布魯斯核電廠廠區內，而該場址的環境評估報告，已於去年獲得由聯邦政府任命的小組的認可。不過，今年 2 月，加拿大環境與氣候變遷部長要求安大略電力公司先完成 3 項進一步的研究，才決定是否批准這份環評報告。原先預期環境與氣候變遷部可在 2015 年 9 月做出最終決定。

環境與氣候變遷部所要求的第一項研究，是要安大略電力公司評估，若於安大略省另兩處在技術和經濟上都可行的地點，設置一座類似的深層地質處置場會對環境造成的影響。這兩處列入考慮的地點是位於南安大略（Southern Ontario）的沉積岩層，以及位於北安大略中部的花崗岩層，但具體的位置還未獲得確認。

第二項研究是就該處置場設置計畫對環境累積影響的分析進行更新；第三項研究是檢討安大略電力公司對降低環境衝擊的承諾和具體行動。

安大略電力公司目前是將該公司產生的中、低放射性廢棄物，儲存在布魯斯核電廠的「西部廢棄物管理設施（Western Waste Management Facility, WWMF）」中，該設施是一座地上型的放射性廢棄物處置場。至於安大略電力公司提出的深層地質處置場，則可提供約 20 萬立方公尺的放射性廢棄物永久性的地下處置。這些放射性廢棄物包括核電廠日常營運產生的受污染物品，例如清潔用品與防護衣物、使用過的機械零組件、離子交換樹脂和過濾器等。從 2005 年以來，安大略電力公司就一直努力爭取建造一座位於地面下 680 公尺的深層地質處置場。該設施的初步設計在 2010 年就已備妥，公聽會也在 2014 年完成。該公司表示，當地社區仍持續支持這項計畫。

安大略電力公司在一份聲明中表示：「安大略電力公司始終認為，深層地質處置場是處理中、低放射性廢棄物的正確解答，而布魯斯核電廠就是適合的場址。安大略電力公司深信，進一步的研究結果終究會證明我們是對的。」

資料來源：

http://www.world-nuclear-news.org/WR-Further-studies-for-Ontario-repository-1804167.html

核能新聞

文．編輯室

國外新聞

日本伊方電廠宣布 1 號機組關閉，3 號重啟

日本四國電力公司於今（2016）年 3 月底，決定於 5 月關閉位於四國西部的伊方核電廠 1 號機組，四國電力公司總裁這樣告訴愛媛縣縣長。該公司於之前曾考慮重啟將在明年邁入 40 歲的伊方電廠 1 號機。

核電機組原則上可以在政府的監管下運轉 40 年，至於是否能延役 20 年則取決於機組能否通過審查。根據日本原子力規制委員會（NRA）在福島事故後對屆齡 40 年的核電機組所採取的核安措施，必須花費 1 千 7 百億日圓（約 505 億新台幣）來執行，才可達到 NRA 新的標準，伊方 1 號機將是日本第 6 座因為此規定而決定停役的核電機組。

不過，四國電力公司已經向 NRA 提出重啟伊方 3 號機（84.6 萬瓩壓水式反應爐）的最終審查申請。該座機組已於去年 7 月通過首次審查，主管機關目前正在檢查細部的內容。四國電力公司也於去年 1 月，向 NRA 提出在 3 號機「增設備用緊急事故因應中心」以及「安裝額外氣冷式應急渦輪發電設備」的申請，目前預計可在 6 月開始裝填燃料，7 月重啟。假如該座機組順利通過最終審查，將是日本繼川內電廠 2 座機組以及鹿兒島電廠 2 座機組之後，第 5 座重啟的反應爐。

Nuclear Engineering International, 03/26/2016

美國核管會：2015 年境內多數反應爐運轉良好

美國核能管制委員會（NRC）結合各種安檢結果與性能指標所得到的資訊，對美國於 2015 年運轉中的 99 座反應爐進行了安全性評估。評估的等級分為 5 個等級，核管會將其中的 96 座反應爐列於前 2 個等級當中。

在這 96 座機組中，有 85 座符合所有安全運轉的標準，而且持續地在核管會的常規監督之下；另外有 11 座需解決 1-2 個低安全性的問題，已面臨額外的監管並完成複查，其中的 3 座也因作出了改善而被改列入最高的等級。

至於剩下的 3 座機組（阿肯薩斯第一核電廠的 1、2 號機組，以及流浪者核電廠的單座機組）均被列為第 4 個等級——有數個 / 反覆退化的地方，必須加強管制與監督，核管會也將在改善後再次確認。此次的運轉表現評估並無任何機組被列入第 3（退化）以及第 5（無法接受）個等級當中。

Nuclear Engineering International, 03/08/2016

日本四電力公司達成協議，將加強合作

位於日本西部的 4 家電力公司一中國、

九州、關西、四國電力公司，同意在因應核子突發事件以及反應爐除役等方面擴展合作，並發表聯合聲明表示，由於4家電力公司地理位置相近，理應利用地理上的優勢，一同提高各電力公司於處理緊急事故的效率，強化各電力公司於2014年10月所簽屬的「核子事故合作協議」（註：該協議是由10家日本電力公司、日本原燃公司（JNFL）以及日本電源開發公司（J-Power），為了加強各核電廠運轉廠商在發生核子事故時的合作所簽屬）。

中國、九州、關西、四國電力公司同意當事故發生時，將派遣100-200位職員協助應對以及恢復事宜，包含環境輻射的監測與對受影響地區撤離人員進行輻射劑量的測量等，也同意將增加各電力公司所提供的相關物品的數量，像是移除殘骸所需的配備以及防護衣物等。此外，在事故發生期間，各電力公司將透過視訊會議向受影響公司提供諮詢，互相參與各電力公司對事故應對的訓練，並在統一的標準下共同建立核子事故應變中心，共享最新資訊。

除了擴展在應對核子事故方面的合作之外，這4家電力公司也將加強電力公司在反應爐除役方面的合作，尤其是在除役的「技術以及採購方面」。4家電力公司均表示：「我們定會盡力確保核電的穩定性與可靠性，成為可讓民眾信賴的運轉廠商」。

WNN, 04/22/2016

法國、俄羅斯都將關閉境內老舊核電廠

根據美聯社今（2016）年4月底的報導，法國總統歐蘭德（Hollande）將於今年頒布法令，正式發表法國最年長核電廠一費瑟南（Fessenheim）的除役程序。「於2025年時將核能發電占比降低至50%，並於2016年關閉老舊的費瑟南核電廠」是歐蘭德在2012年時提出的競選承諾，目前政府正在與法國電力公司（EDF）商討對策。

法國邁入老齡化的核電廠一直是鄰近國家關注的焦點。德國在3月時向法國提出關閉靠近法、德、瑞士邊界的費瑟南電廠的要求。費瑟南電廠為目前法國最年老的核電廠，自1977年即開始運轉，廠內有2座90萬瓩的反應爐。

另一座將面臨關閉的核電廠是俄羅斯的比利比諾（Bilibino）核電廠，1號機將於2018年底關閉，剩下的2-4號機則營運至2021年底，關閉這4座小型石墨反應爐的決定已於今年3月獲准。

比利比諾核電廠經理對此表示，這4座機組將被位於俄羅斯楚科奇地區（Chukotka），同時也是俄羅斯首座的漂浮式核電廠取代，新的輸電線路建設工程將於5年內，在比利比諾能源中心完成。這座漂浮式核電廠「羅蒙諾索夫院士號（Akademik Lomonosov）」目前正在聖彼得堡建造當中，預計於今年9月公開，並於2019年在俄羅斯東部的佩維克（Pevek）沿岸開始營運。

該座漂浮式核電廠在建造過程中面臨多次困境，最初是在俄羅斯西北部的北德文斯克造船廠打造，但卻於2009年因為財務困難而被移至西部聖彼得堡的波羅的造船廠，之後又面臨該造船廠商破產等問題，直到俄羅斯國有聯合造船公司（RUSC）在2011年5月買下該造船廠，工程才得以復工。該座漂浮式核電廠將由兩座反應爐所組成。

Nuclear Engineering International, 04/27/2016 & 04/23/2016

英國欣克利角核電廠未來仍不明朗

法國電力公司（EDF）近期對是否投資英國欣克利角核電廠仍未能做出決定，雖然EDF表示將會延至9月公布，但持續的拖延令外界對於該計畫是否能順利進行感到疑慮。

EDF在欣克利角新建核電機組為英國數十年來最大的核電計畫，總價高達180億英鎊（約8,100億新台幣），也是全球造價最高昂的核電計畫之一。但也因價格昂貴，公司內部對於是否推進該計畫的意見分歧也一直存在，尤其是替該計畫所帶來的財務風險而擔憂，導致EDF一直無法做出決定。原先預計將在今年3月底會有結果，但後來卻推遲至5月的股東大會，近日又決定將時間再次往後延，爭取更多個時間與工會代表進行協商。

法國經濟部長馬克龍表示，如果想要繼續推動欣克利角2座核電機組投資計畫，必須要滿足3個條件，即改善EDF財務狀況、工會協商有所進展，以及制訂措施保障建設進度能與計畫一致。EDF近年來財務狀況不佳，債務高達370億歐元（約1.3兆新台幣），去年淨利潤下滑將近7成，EDF正在向法國政府爭取更多的資金。

根據EDF的介紹，欣克利角核電廠如果按計畫完成，將可滿足英國總用電需求的7%，並創造2.5萬個就業機會，但最初計畫於2025年開始供電，最新預計的供電時間已比最初計畫往後推遲了8年。EDF也於去年10月，與中國的中廣核集團以及中核集團達成協議，將共同建設欣克利角核電廠。

Nuclear Engineering International, 04/26/2016

中國紅沿河4號機、寧德4號機完工後首次聯網發電

位於遼寧省的紅沿河核電廠，其4號機組（108.7萬瓩壓水式反應爐）於今（2016）年4月初正式聯網發電，該座機組的燃料裝填於1月中完成，並於3月首次達到臨界。中國國家核電技術公司對此發表的正式聲明，提到紅沿河4號機在首次聯網發電後將進行一系列的檢測，在確認機組各項安全功能均正常運轉後即可投入商業運轉，時間預計是在今年上半年。紅沿河電廠目前在商轉中的核電機組已有3座，另外還有3座仍在施工當中，6座均屬同一款壓水式反應爐CPR-1000。

屬於紅沿河核電廠第二期建設的5、6號機組，分別於去年3月與7月開始動工，預計可在2019、2020年開始運轉。

而另一座於近期聯網發電的機組是福建寧德核電廠4號機，該座機組的施工工程開始於2010年9月，於今年1月初完成157束燃料的裝填並開始運轉，於3月中首次達到臨界，3月底聯網發電。寧德核電廠1-4號機組屬於該電廠的第一期建設，均是CPR-1000，屬於第二期建設且仍在施工中的5、6號機組，則採用中國自主的三代核電技術「華龍一號」。另外，位於海南的長江核電廠2號機組，也於近日完成燃料裝填，將於近期加入運轉行列。

Nuclear Engineering International, 04/05/2016

國內新聞

核一廠乾貯預定計畫
確保杜絕土壤液化風險

外界關注核一廠用過核燃料乾式貯存設施的土壤液化問題，台電表示，核一廠除役環評計畫皆依環保署法規要求，提供土壤液化潛勢等地質調查資訊，並經工程技術進行整體地盤改良，杜絕土壤液化問題。未來將待環評審查通過後才會開始施作，台電會積極確保乾貯設施建物本身以及土壤地質的整體安全。

第二期乾貯設施預定地共鑽探 16 個孔位進行地質探測，因而土壤液化程度區間各孔位的平均值為 0-9.93，涵蓋低度與中度土壤液化潛勢區域，也就是為了嚴謹的確保日後貯存設施安全，所做事先而全面大範圍的地質調查，並已提出因應對策供審查。

台電強調，現已完工的核一廠第一期乾貯設施於選址時，即調查場址及周圍地質可承受 7 級以上地震震度，設置地下排水管時，加入大量碎石級配材料及夯實強化，避免土壤液化、並提升整體基座及地盤強度，因而獲環保署審查通過。因此，第二期乾貯設施，台電也將秉持同樣積極嚴謹的主動態度，提供完整土壤地質等環保調查數據供環評審查，並將遵照相關建議與審查結果執行後續乾貯設施施作。

2016/03/30，本刊訊

核二廠更換發電設備
確保發電安全

媒體報導台電核二廠更換設備要花費 20 億元，台電表示，更換的設備是發電機線圈，屬於重要設備，為了安全考量必須更換。根據國際經驗，不管是核能或火力發電機組，運轉 30 年左右，會更換發電機線圈。核二廠經過評估，確認需要進行更換。

台電強調，核二廠距離屆齡除役還有 5-7 年，現階段仍是電力供應的重要角色，在除役前確保其安全穩定供電是台電的義務。因此，本次設備更換有執行的必要，以維持機組安全。

台電表示，汰換的線圈並不屬於放射性廢棄物，因此沒有增加放射性廢棄物數量的問題。

2016/03/25，本刊訊



Q：若核能警報發佈，如何保護自己？

如果
核災發生會有輻射
快跑啊！



不可以！





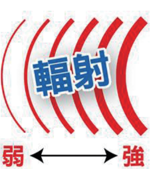
當下掩蔽最重要

核能警報發佈後，保護自已最好的方法，
就是減少輻射接觸的機會，
第一時間應該採取「**掩蔽**」行動 。

游離輻射防護三原則：

1. **時間**（減少暴露時間）
2. **屏蔽**（鉛板、鋼板或水泥牆來擋住）
3. **距離**（離開放射源強度就會減弱）







大多數的放射線
會隨著時間快速地減低強度，
避免受輻射污染最好是**儘量待在室內**（水泥牆遮掩）
關閉門窗及空調，減少外出。

掩蔽，是核災發生後的最佳生存手段



何博士的日常豆知識

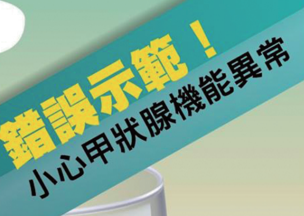
Q：平時多吃碘片，可以抵抗輻射？

碘片無法預防輻射傷害！

隨意服用，反而會引發**甲狀腺機能異常!**

核災時釋放出的放射性碘，會破壞甲狀腺。
因此，當發生輻射污染時，儘速服用碘片，
可讓穩定的碘先蓄積在甲狀腺中，
阻絕放射性碘，保護甲狀腺。











碘片平時不可亂服，若有輻射汙染風險再依政府通知服用！